

Aus der Phoniatischen und Pädaudiologischen Abteilung
(Abteilungsvorsteher: Prof. Dr. G. Kittel)
der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkranke
der Universität Erlangen-Nürnberg
(Direktor: Prof. Dr. M. E. Wigand)

Sonographische Untersuchungen bei gehörgeschädigten Kindern

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
dem Fachbereich Medizin
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von
Othmar Josef Kupfer
aus Pinzberg

Aus der Phoniatischen und Pädaudiologischen Abteilung
(Abteilungsvorsteher: Prof. Dr. G. Kittel)
der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkranke
der Universität Erlangen-Nürnberg
(Direktor: Prof. Dr. M. E. Wigand)

Sonagraphische Untersuchungen bei gehörgeschädigten Kindern

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
dem Fachbereich Medizin
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von

Othmar Josef Kupfer

aus Pinzberg

Gedruckt mit der Erlaubnis
des Fachbereichs Medizin
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan:	Prof. Dr. E. Rügheimer
Referent:	Prof. Dr. G. Kittel
Korreferent:	Prof. Dr. M. E. Wigand

Tag der mündlichen Prüfung: 21. 4. 1975

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

A.	EINLEITUNG.....	1
B.	LITERATUR.....	2
I.	Geschichte der Sprachuntersuchung.....	2
II.	Methoden der Stimmanalyse.....	3
	a. Tonfrequenzspektrometrie.....	3
	b. Suchtonalyse.....	4
	c. Sonographie.....	5
	1. Streifensonagramme.....	7
	2. Reliefdiagramme - Contour Display.....	7
	3. Weitere technische Möglichkeiten.....	8
III.	Anwendung der Stimmanalyse.....	9
	a. Phoniatriische Forschung.....	9
	b. Spracherziehung Gehörloser.....	10
IV.	Anatomie und Physiologie der Stimmbildung.....	10
	a. Anatomische Grundlagen.....	10
	1. Larynx.....	10
	2. Kehlkopfmuskulatur.....	11
	b. Physiologische Grundlagen.....	12
	1. Physiologie der Luftwege.....	12
	2. Phonation.....	13
V.	Phonetik.....	16
	a. Vokale.....	16
	b. Konsonanten.....	19
VI.	Sprachentwicklung.....	20

	Seite
VII. Hörstörungen.....	22
a. Bedeutung kindlicher Hörstörungen.....	22
b. Ätiologie kindlicher Hörstörungen.....	23
c. Einteilung der Hörstörungen.....	24
VIII. Audiogene Dyslalien.....	25
a. Die Sprache der Gehörlosen.....	25
b. Die Sprache der Spätertaubten.....	28
c. Schwerhörigensprache.....	28
C. MATERIAL, GERÄTE UND METHODIK.....	31
I. Material und Geräte.....	31
II. Aufnahmetechnik.....	33
III. Wortwahl.....	34
IV. Versuchspersonen.....	35
V. Audiometrie.....	35
D. ERGEBNISSE.....	40
E. DISKUSSION.....	45
I. Beispiele.....	45
II. Vergleich mit anderen Ergebnissen.....	55
III. Kritik der Ergebnisse.....	57
F. ZUSAMMENFASSUNG.....	58
G. ANHANG.....	60
H. LITERATURVERZEICHNIS.....	61

A. EINLEITUNG

"Es wäre sicher nur eine allgemeine Redewendung, wenn man sagen würde, die Sprache ist die wichtigste Erfindung der Menschheit. In Wirklichkeit ist sie viel mehr als das, weil Menschheit und Sprache parallele Entwicklungen sind. Es hat deshalb keinen Sinn, über die Priorität des einen oder anderen zu streiten. Ob wir sagen, der primitive Mensch erfand die Sprache, oder die Erfindung der Sprache machte einige intelligente Primaten zu Menschen, in beiden Fällen sagen wir das gleiche aus. Der Mensch ist ein sprechendes Wesen; kein anderes Wesen kann sprechen... So wäre es richtiger zu sagen, die Erschaffung des Menschen und die Erschaffung der Sprache sind identisch: Homo sapiens est homo loquens." (B. Malmberg in "Structural Linguistics and Human Communication")

Sonographie bedeutet die Aufzeichnung von Schallereignissen nach Frequenz, Zeit und Intensität. Im Laufe der letzten dreißig Jahre ist sie auf ihren heutigen Stand entwickelt und verbessert worden. Die Entwicklung ist jedoch noch keineswegs abgeschlossen. Ihre Anwendung wird sicher erst in den nächsten Jahrzehnten voll zur Geltung kommen, insbesondere im Zusammenhang mit elektronischer Datenverarbeitung. Einer breiteren Öffentlichkeit ist das Verfahren durch die Aufklärung verschiedener Kriminalfälle bekanntgeworden.

In der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, wie sich die Sprache gehörgeschädigter Kinder sonographisch darstellt. Das Gehör stellt die wichtigste Eingangspforte für die Anregung zum Sprechen dar. Deshalb muß jede Einbuße des Gehörs die Entwicklung und Ausbildung der Sprache aufhalten. Je nach dem Grade des Hörausfalls äußert sich dies in unterschiedlichen Fehlern der Sprechweise.

I. GESCHICHTE DER SPRACHUNTERSUCHUNG

In der Literatur früherer Jahrhunderte finden sich Hinweise für eine Beurteilung von Störungen der Stimme und Sprache, die auch heute noch als Grundlage einer Diagnose angesehen werden können. WOLFGANG VON KEMPELEN publizierte 1791 über den "Mechanismus der menschlichen Sprache nebst der Beschreibung seiner sprechenden Maschine". JOHANNES MÜLLER untersuchte 1873 den subglottischen Anblasedruck mit einem künstlichen Kehlkopf. MANUEL GARCIA konnte als erster mit Hilfe eines Spiegels die Stimmlippen in Bewegung beobachten. Die Aufzählung ließe sich beliebig fortführen.

Auf der Grundlage dieser historischen Mitteilungen bedienten sich die ersten praktikablen Untersuchungsmethoden der Stimme und Sprache rein mechanisch-pneumatischer Meßgeräte. Parallel zur Entwicklung der technischen Wissenschaften gewannen immer mehr elektroakustische Methoden an Bedeutung. Entscheidende Impulse erhielten die Untersuchungen der Stimme und Sprache durch die Kommunikationsmöglichkeiten dieses Jahrhunderts. Die bisherigen Methoden bedurften einer weitgehenden Ergänzung und Verfeinerung. Jetzt beeinflußt die Elektronik die verschiedenen technischen Möglichkeiten zur Untersuchung der Stimme und Sprache. Die Erkenntnisse in der Phoniatrie haben sich dadurch sehr rasch entwickelt. Der Einsatz der Computerdiagnose eröffnet bisher kaum vorstellbare Möglichkeiten der Objektivierung des Sprechvorgangs. (BÖHME)

Eine umfassende Untersuchung der Stimme und Sprache ist ohne die Einbeziehung aller Sinnesorgane unvollständig. Vor allem das Hörvermögen beeinflußt den Sprechvorgang in ganz besonderer Weise. Unbestritten hat die technische Entwicklung der letzten Jahrzehnte die apparative Untersuchungsmethodik der Stimme und Sprache ganz wesentlich bereichert, so daß neben den auditiven, visuellen und palpatorischen Verfahren die

instrumentellen Beurteilungen immer mehr an Bedeutung gewinnen. Erst durch sie wurde eine Objektivierung zahlreicher, bisher subjektiver Untersuchungstechniken möglich.

II. METHODEN DER STIMMANALYSE

Die elektroakustischen Analysen der Stimme und Sprache vermitteln uns einen exakten physikalischen Aufbau der lautsprachlichen Zeichen zur Diagnostik, Differentialdiagnose und Forschung. Die Frequenzanalysen können jedoch keineswegs das geschulte Ohr des Untersuchers ersetzen.

Der Schall ist ein mechanischer Schwingungsvorgang. Nur im einfachsten Fall, beim reinen Ton, ist die Schwingung sinusförmig. Meistens sind jedoch die akustischen Ereignisse wie Geräusch, Musik und Sprache, komplizierter Natur. Sie sind zusammengesetzt aus vielen Einzelschwingungen mit verschiedenen Frequenzen, Amplituden und Phasenlagen, die außerdem keineswegs konstant sein müssen, sondern sich im Laufe der Zeit rasch ändern können. Die nachfolgend beschriebenen elektroakustischen Untersuchungsmethoden vermögen in ganz besonderem Maße eine differenzierte Deutung der Stimme und Sprache.

a. TONFREQUENZSPEKTROMETRIE

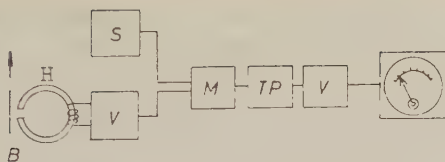
Mit dem von FREYSTEDT inaugurierten Tonfrequenzspektrometer gelingt es, eine Teiltonanalyse für alle Frequenzen praktisch gleichzeitig durchzuführen.

Das Gerät besteht aus parallelgeschalteten Terzfiltern. Der zu untersuchende Stimmklang wird den Eingängen des Filtersatzes zugeführt. Auf einer BRAUNschen Röhre erscheinen durch Nachleuchten des Schirmes vertikale Striche. Die Strichlinien sind ein Maß für die auf ein Filter entfallende Intensität (vertikale Amplitudenauslenkung). Deshalb ist zur Auswertung eines Spektrums die Bestimmung der jeweiligen Strichlängen erforderlich. Eine Auswertung dieser Spektrén

ist nur zum Teil exakt möglich, da die Filter keine idealen Rechteckfilterkurven besitzen, sondern sich überlappen und demnach dieselbe Frequenz in zwei Bereichen erscheinen kann. Aus diesem Grunde ist die Tonfrequenzspektrometrie für differenzierte Stimmuntersuchungen ungeeignet. Ein weiterer Nachteil dieser Methode ist das zeitlich veränderliche Spektrum, so daß eine Auswertung nur mit Filmaufnahmen oder Fotos möglich ist (Negative oder Positive). (WINCKEL/BÖHME)

b. SUCHTONANALYSE

Die Suchtonanalyse arbeitet nach folgendem Prinzip: Eine sinusförmige Suchspannung, die von etwa 30 bis 20 000 Hz verändert werden kann, wird mit der zu untersuchenden Spannung eines Lautes verglichen. In einem Modulator werden die beiden Spannungen zur Überlagerung gebracht. Durch Differenztonbildung wird angezeigt, wann die beiden Spannungen die gleiche Frequenz haben. Die Abbildung zeigt den Schwebungssummeer S, der die Suchspannung liefert, den Hörkopf H, der die zu untersuchende Spannung liefert, und den Modulator M zur Differenzbildung. Damit nicht auch gleichzeitig der Summenton zur Anzeige gebracht wird, ist hinter den Modulator ein Tiefpaß TP geschaltet, der nur Frequenzen von 0 bis 20 Hz durchläßt. Es kann also nur eine Anzeige erfolgen, wenn die zu vergleichenden Frequenzen sich um weniger als 20 Hz unterscheiden. Hinter das Filter ist ein Verstärker V und zur Anzeige ein Röhrenvoltmeter geschaltet, das zur automatischen Registrierung auch durch einen Pegelschreiber ersetzt werden kann. Die Messung geht in der Weise vor sich, daß der ganze Frequenzbereich des Schwebungssummeers langsam durchgedreht wird. Jedesmal, wenn eine Frequenz in Übereinstimmung mit einem Teilton des zu analysierenden Gemisches sich befindet, erfolgt eine Anzeige. Zu beachten ist, daß das Durchdrehen des Schwebungssummeers langsam genug erfolgt, da erst nach einer gewissen Einschwingzeit der maßgebliche Endwert der Teiltonintensität erreicht ist. (GRÜTZMACHER/WINCKEL)



M = Modulator, TP = Tiefpaß, V = Verstärker, S = Schwebungssummer, B = Magnetband, H = Hörfopf

Abb. 1: Schaltung des Suchtonanalysators (nach GRÜTZMACHER)

c. SONAGRAPHIE

Die Sonographie stellt eine Weiterentwicklung des Visible-Speech-Verfahrens dar und liefert sehr gute Abbildungen elektronischer Sprachverarbeitung lautsprachlicher Zeichen. Sie kommt deshalb den Anforderungen nach einer optimalen elektroakustischen Analyse des Frequenzaufbaus der Stimme und Sprache am nächsten und ist zu einer bewährten Standardmethode in der Phoniatrie geworden.

Die Bemühungen um eine visuelle Darstellung der Sprache sind schon ziemlich alt. 1867 versuchte MELVILLE BELL mit Hilfe handgemalter Symbole eine "visible speech" zu gestalten. Die Versuche seines Sohnes ALEXANDER GRAHAM BELL um eine Sicht- und Erfassbarmachung der Sprache führten zur Erfindung des Telephons. Der technische Stab der Bell Telephon Gesellschaft entwickelte schließlich den "Sound Spektrograph" (KOENIG, DUNN, LACY). POTTER, KOPP und GREEN veröffentlichten 1947 das Standardwerk "Visible Speech".

Im Sonagrammen wird das Prinzip der Suchtonanalyse angewandt. Zusammengesetzte Schwingungen werden als Funktion von Frequenz, Intensität und Zeit analysiert. Im Sonagramm ist die Frequenz in vertikaler, die Zeit in horizontaler Richtung aufgetragen; die Intensität stellt sich im Grad der Schwärzung dar. Es kann ein Frequenzbereich von 80 - 8 000 Hz

oder von 160 - 16 000 Hz kontinuierlich aufgezeichnet werden für einen Sprechvorgang von 2,4 bzw. 1,2 sec. Die zu analysierende Probe wird auf eine Magnettonscheibe aufgenommen, von dieser wieder abgenommen und in einem Wieder-gabeverstärker verstärkt. Anschließend gelangt das Frequenz-gemisch in einen Mischer, der von einem Zwischenfrequenz-oszillator gespeist wird, welcher an die Schreibnadel des Sonographen gekoppelt ist. Diese windet sich an der routie-renden Trommel spiralförmig von 80 - 8 000 Hz auf. Ihre je-weilige Stellung wird vom Oszillator registriert, und er gibt Frequenzen entsprechender Größe in den Mischer. Dort wird die Differenz der beiden Frequenzen gebildet und die-se in den Intensitätsverstärker weitergeleitet. Dort be-finden sich die Bandfilter, die den Frequenzbereich ent-weder eng (45 Hz) oder weit (300 Hz) an die Nadel weiter-leiten. Bei einer Analyse von 160 - 16 000 Hz betragen die Bandweiten 90 bzw. 600 Hz.

Zur Registrierung wird stromempfindliches Papier verwen-det, dessen Oberfläche von einem Funken durchschlagen wird, der an dem Punkt des Überspringens die oberste Schicht weg-brennt und die darunterliegende Schicht sichtbar macht. Das Papier ist auf einem Zylinder aufgezogen. Es ergeben sich Dunkelheitsgrade von der hellgrauen Farbe des Papiers bis zu Tiefschwarz.

Eine große Hilfe für die Auswertung bietet die automatische Frequenzregistrierung während des Ablaufs des Sonagramms. Auf dem Papier werden direkt mit dem Ablaufvorgang Frequenz-markierungen eingezeichnet, die als Skala angeordnet die Messungen sehr präzisieren (in 50, 500 oder 1000 Hz Inter-vallen). Die Analysendauer beträgt etwa 80 sec. Ein rotes Lämpchen zeigt das Ende der Aufzeichnung an.

Bei der Form der Frequenzdarstellung unterscheidet man hauptsächlich zwei Gruppen: Die Darstellung der Resonan-zen in Streifenmustern und in Form von konturierten Feldern (Contour Display).

1. STREIFENSONAGRAMME

Diese können mit linearer oder logarithmischer Frequenzeinteilung hergestellt werden. Die lineare Einteilung hat den Vorteil der leichteren Ausmeßbarkeit, die logarithmische Skala läßt in den unteren, wichtigeren Anteilen des Sonagramms eine feinere Messung zu.

Die mehr oder weniger stark ausgeprägt horizontale Streifung entspricht bei allen Vokalen und vokalähnlichen Lauten den Harmonischen, die an bestimmten Frequenzen charakteristisch für jeden Vokal verstärkt sind.

Die stimmlosen Konsonanten besitzen kein so regelmäßiges Klangspektrum, was auf ihre Bildungsweise als nicht stimmhafte Laute zurückzuführen ist.

Die Zischlaute, bei denen nur Reibungsmodulation vorliegt, produzieren einen großen Frequenzbereich, der weit verteilt und unharmonisch zueinander ist.

Die verschiedenen Musterverschiebungen kommen durch die wechselseitigen Beeinflussungen der Laute untereinander zustande.

Bei den Streifensonagrammen macht vor allem die Auswertung der Schallintensität Schwierigkeiten. Die Beziehung zwischen dem Schwärzungsgrad und der Amplitude des Signals ist nicht einfach auszuwerten. Sie ist abhängig von Faktoren wie dem Auflagedruck des Glühdrahtes, seiner Breite, auch von der Trommel, auf der das Papier montiert ist. Vermutlich spielt auch die Umgebungstemperatur und -feuchtigkeit eine Rolle. Außerdem ist der Bereich zwischen hellster und dunkelster Schattierung nicht sehr groß (KOENIG/RUPPEL).

2. RELIEFDIAGRAMME - CONTOUR DISPLAY

Eine andere Art von sonographischer Darstellung zeigt das Reliefdiagramm oder auch contour display genannt. KERSTA, ein ehemaliger Mitarbeiter der Bell Telephon Gesellschaft,

hat dieses Verfahren, die Stimmspektrographie, zur Identifizierung von Geräuschen aller Art ausgearbeitet.

Bei diesen Bildern ist die Lautprobe ebenfalls dreidimensional nach Frequenz, Zeit und Intensität aufgeschlüsselt. Die Harmonischen sind aber nicht in Streifen dargestellt, sondern in Flächenformen, die nach dem Prinzip topographischer Landkarten je nach Intensität in abgestuften Grautönen nach außen hin heller werden. Jedes Intensitätsfeld ist durch eine Hüllkurve eingegrenzt. Diese Methode wurde zur besseren Erfassung der Amplituden, d. h. des Energiegehaltes der aufgenommenen Äußerung entwickelt. KOENIG und RUPPEL haben verschiedene Verfahren dazu beschrieben.

Die Flächenformen der Intensität variieren von Vokal zu Vokal. Die Formanten sind als dunkelste Flächen über große Frequenzbereiche dargestellt und in ihrer Lage verhältnismäßig ausgedehnt. Ihre Position und Anzahl entspricht sich für gleiche Vokale im großen und ganzen. Für jeden Vokal liegen deutlich zwei bis vier Intensitätszentren vor, wobei das frequenzniedrigste bei allen Vokalen am ausgeprägtesten dargestellt ist.

3. WEITERE TECHNISCHE MÖGLICHKEITEN

Es sind noch weitere Möglichkeiten der Sonagrammgestaltung versucht worden. POTTER gibt einen Typ an, wobei die Intensitätsschwankungen in verschiedenen Farben vorliegen. Die Sonagramme können auch durch eine größere Trommel zeitlich gedehnt werden zur besseren Analyse. Sie beeinhalteten aber die gleiche Information.

Weitere Variationen sind die Darstellung der Amplitudenkurve und das Sectionverfahren. Bei ersterem werden alle Intensitäten jedes Lautes summiert und mit einer logarithmischen Amplitudenskala im obersten Bereich des Registrierpapiers dargestellt.

Beim Sectionprogramm kann an jedem beliebigen Zeitpunkt von 0,4 - 2,4 sec die Intensität-Frequenz-Abhängigkeit dargestellt

werden, wobei die Intensität horizontal verläuft und die Frequenz vertikal. Die Frequenzskala ist dabei umgekehrt angebracht.

Ebenfalls möglich ist es, die Frequenzskala zu dehnen, so daß auf dem gleichen Raum statt 8 000 Hz nur die unteren 5 000 Hz erscheinen.

III. ANWENDUNG DER STIMMANALYSE

a. PHONIATRISCHE FORSCHUNG

Die gesamte phoniatische Forschung ist durch die Analyse von Sprache und Stimme in ihrer Kenntnis der Zusammenhänge bestätigt und erweitert worden.

So hat vor allem BAUER klanganalytische Untersuchungen bei der Gaumenspaltensprache, bei funktionell offenem Näseln, bei Veluminsuffizienz, erworbenen Oberkieferdefekten, geschlossenem und gemischtem Näseln und beim Cri-du-chat-Syndrom durchgeführt.

TROJAN und KRYPSIN-EXNER untersuchten sonographisch die Artikulation unter dem Einfluß von Alkohol und Paraldehyd. BÖHME machte frequenzanalytische Untersuchungen dysarthrischer Sprachstörungen bei infantilen Zerebralpareesen.

FRANK fand bei Laryngektomierten im Sonagramm keine Ähnlichkeit mit der präoperativen, gesunden Stimme.

SEDLACKOVA untersuchte die Stimmen von Neugeborenen mit dem sonographischen Verfahren.

YANAGIHARA stellte im Sonagramm vier verschiedene Arten der Heiserkeit fest.

BORDONE-SACERDOTE und RIGHINI zeigten die Unregelmäßigkeiten, die fehlerhafte Aussprache und Melodie, und die Eintönigkeit der Klangfarbe bei Parkinson-Kranken auf.

GREINER, DILLENSCHNEIDER und LEVY haben das sonographische Verfahren herangezogen, um die Fortschritte der Stimmtherapie bei Recurrens-Parese zu objektivieren.

b. SPRACHERZIEHUNG GEHÖRLOSER

Wie von POTTER beschrieben, findet die Stimmfrequenzdarstellung Anwendung bei dem Versuch, Gehörlosen und Schwerhörigen zu einer normalen Laut- und Sprachgestaltung zu verhelfen. Dabei fällt dem Sonographen hauptsächlich eine Kontrollfunktion für Lernende und Lehrende zu. Einzelne Lautmuster werden von Normalhörenden vorgesprochen und aufgezeichnet. Das so entstandene Lautbild wird auf dem Bildschirm festgehalten. Die Schüler formen so lange den Laut nach, bis das Klangbild ihrer Aussprache mit dem der normalen weitgehend übereinstimmt. Das sonographische Bild zeigt nicht mehr als das Ohr hören kann. So wird auf dem Umweg über das Visuelle bei den Gehörlosen eine akustische Vorstellung des Lautes geschaffen, die es ihnen ermöglicht, in normaler Art und Weise die Stimme zu bilden und zu artikulieren. Für Sprachfehler gilt im Prinzip das gleiche.

Selbstverständlich findet die Sonographie noch auf vielen anderen Gebieten Anwendung, wie zum Beispiel in der Zoologie, der Herztonaufzeichnung, der Geräuschanalyse, der Kriminalistik, um nur einige zu nennen.

IV. ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DER STIMMBILDUNG

a. ANATOMISCHE GRUNDLAGEN

1. LARYNX

Das Gerüst des Kehlkopfes besteht aus der Cartilago thyroidea (Schilddrüseknorpel), der Cartilago cricoidea (Ringknorpel) und aus den beiden Cartilagine arataenoideae (Aryknorpel) sowie der Cartilago epiglottica (Kehldrüseknorpel). Die Verbindung von der Trachea zur Rima glottis (Stimmritze) wird als Conus elasticus bezeichnet, welcher die Bewegungen des Windkessels (Lungen, Bronchien, Trachea) mit denen des Kehlkopfes verbindet.

kopfes als elastisches Bindeglied koordiniert. Das Profil des Kehlkopffinnern wird von einem hochdifferenzierten Muskelsystem und bindegewebigen Verbindungen bestimmt. Die Plicae vocales (bindegewebiger Anteil der Stimmbänder) und die Plicae vestibulares (bindegewebiger Anteil der Taschenbänder) begrenzen den Ventriculus laryngis (Morgagnische Tasche), welche den beiden Plicae eine weitgehend voneinander unabhängige Bewegungsmöglichkeit gibt. Die beiden den Plicae unterlagerten Bänder sind vorn übereinander am Schildknorpel befestigt, bilden so die vordere Kommissur der Glottis und setzen hinten an den Stimmbandfortsätzen bzw. an den Spitzen der Aryknorpel an. Die hinteren Bandanteile sind über die Aryknorpel großen Bewegungsausschlägen ausgesetzt; bei Respiration gelangen sie an die seitliche Begrenzung des Kehlkopfes, bei Phonation berühren sie sich in der Medianlinie. Den Plicae ist zum Kehlkopflumen hin eine in sich verschiebbliche Epithelschicht aufgelagert.

2. KEHLKOPFMUSKULATUR

In das knorpelig-bindegewebige Gerüst ist das System der inneren Kehlkopfmuskeln eingebaut. Der M. arytaenoideus transversus ("Transversus") verbindet die Muskelfortsätze der Aryknorpel und schließt die Glottis. Ebenfalls glottisverengend wirken der M. cricoarytaenoideus lateralis und der M. thyroarytaenoideus ("Lateralis"). Der medial gelegene M. vocalis ("Internus") wirkt als der eigentliche Stimmbandmuskel verengend auf die Glottis. Eine Glottiserweiterung bewirkt nur der M. cricoarytaenoideus posterior ("Posticus"). Über eine Verengung bzw. Erweiterung der Glottis hinaus kann der "Internus" die Stimmbänder spannen und erschlaffen lassen, wenn sich die Erweiterer und Verengerer der Glottis unter dem Primat der ersteren das Gleichgewicht halten; zum Spannen muß der M. cricothyroideus ("Anticus") den Schild- gegen den Ringknorpel kippen, zum Erschlaffen muß sich der M. thyroarytaenoideus kontrahieren. Die Erschlaffung des "Internus"

führt zur Bruststimme, die Spannung zur Kopfstimme. Dienen die Kehlkopfmuskeln der Erzeugung der Stimme, so wird der Stimmklang bzw. seine jeweilige Veränderung durch die Außenmuskeln des Kehlkopfes bewirkt, einem System von vier Muskelgruppen. Eine Gruppe erstreckt sich als Mundbodenmuskulatur vom Kinn zum Zungenbein, eine von dort in die Nähe des Warzenfortsatzes am Schädel, je eine vom Zungenbein zum Brustbein und zu der Schlundmuskulatur. Dieser vierstrahlige, muskuläre Aufhängemechanismus garantiert dem Kehlkopf bei allen Kopf-Hals-Stellungen seine Funktionsfähigkeit.

Während Larynx und Kehlkopfmuskulatur zum Organkreis der Stimmgebung gehören, bezeichnet man den Pharynx, die Nase und die Mundhöhle als Organkreis des Sprechens (HOLM). Sie stellen ein als Ansatzrohr bezeichnetes System von Hohlräumen (Resonanzräumen) im Kopfbereich dar. Dazu gehören im einzelnen der Hypo-, Meso- und Epipharynx, die Nase einschließlich ihrer Nebenhöhlen, die Mundhöhle mit Zunge, Zähnen, Lippen, weichen Gaumen und mimischer Muskulatur. (LULLIES)

b. PHYSIOLOGISCHE GRUNDLAGEN

1. PHYSIOLOGIE DER LUFTWEGE

Den menschlichen Stimmapparat kann man mit einem Blasinstrument vergleichen. Der Luftstrom tritt aus dem Windkessel, der von der Lunge, den Bronchien und der Luftröhre gebildet wird. Die Nase beeinflusst als Teil des Kehlkopfansatzrohres die Klangfarbe der Stimme und Sprache im Sinne eines Resonators erheblich.

Die Bedeutung der Nasennebenhöhlen als Resonanzräume ist noch nicht restlos geklärt. Sie besitzen eine relativ starke Dämpfung.

Der Nasenrachenraum bedingt bei stärkerem Einbeziehen zur

Mundhöhlenresonanz besonders bei 1500 - 2000 Hz eine Verarmung an Obertönen und meistens eine Verstärkung des Grundtones.

Der Pharynx bietet dem primären Kehlkopftönen gute Resonanzbedingungen. Zur Verkleinerung beim Singen bestimmter Töne treten besonders Zungenbein und Kehlkopf nach oben.

Der Mund stellt mit der Zunge das wichtigste Artikulationsorgan mit differenzierter, zentralnervöser Steuerung dar. Die Sprechbewegungen werden unter Anleitung des Gehörs über die Koordinations- und Assoziationszentren, die bulbären Kerne und efferenten Bahnen gesteuert, so daß zunächst sprachphysiologische Daten über "Funktionskreise" zu verständlicher Artikulation gebracht werden.

Der Larynx ist in erster Linie Schallquelle. Durch Änderung des Stimmritzendurchmessers erfolgt eine angepaßte Atemregulierung. Bei tiefem Atmen treten die Stellknorpel mit den daran fixierten Stimmlippen in extreme Seitwärtsstellung, bei ruhigem Atmen sind sie in Mittelstellung und bei Phonation treten sie zur Mittellinie.(KITTEL)

2. PHONATION

Die Stimmbildung wird als stimmhafte Form der Ausatmung dadurch eingeleitet, daß die Stimmlippen bereits vor der Expiration in Medianstellung treten, die Glottis verengen und den subglottischen Druck durch Luftstau erhöhen. Nach Erreichen eines meßbaren Druckes werden die Stimmlippen stets nach oben seitlich gedrückt, so daß unter Luftentweichen der Überdruck sinkt. Durch Sog mit Bernoullischen Effekt und Eigenelastizität gelangen die Stimmlippen wieder in die Schließungsphase mit subglottischen Druckanstieg. Dieser Vorgang wiederholt sich so oft in der Sekunde, wie der Grundton Schwingungen aufweist. Dabei geraten die Stimmlippen durch den aus Lungen, Bronchien und Trachea kommenden Luftstrom in nahezu sinusförmige, selbsterregte Schwingungen, wodurch während der Phonationsstellung der Stell-

knorpel laufend eine Verengung und Erweiterung der Glottis mit rhythmisch-periodischer Luftstromunterbrechung herbeigeführt wird. Dadurch entstehen während der Luftströmung Longitudinalwellen mit hörbaren Frequenzen. Im Wechselspiel zwischen Druck, Sog, Masse und Spannung der Stimmlippen, in Abhängigkeit von ihrer Elastizität, anatomischen Beschaffenheit und vom gesamten resonatorischen System mit seiner zentral-nervalen, auch dem Gehör unterliegenden Steuerung (Feedback) wirken aerodynamische Faktoren. Trotz der scheinbar plötzlichen Glottisöffnung und -schließung erfolgt eine fließende Massenverlagerung mit charakteristischen Bewegungsfiguren. Die Stimmlippenbewegungen sind senkrecht zum Luftstrom, beinhalten aber auch eine ventrodorsale und vertikale Komponente. Die Stimmlippenränder nehmen etwa den Weg einer steilgestellten Ellipse mit leichter Neigung der Längsdurchmesser gegen die Horizontale. Form, Dicke, Faseranordnung und Fixation der Stimmlippen verhindern ein Schwingen nur in Luftstromrichtung. Wegen des permanenten Luftstromes bleiben die Stimmlippenränder auch während der Endphasen stets etwas vorgewölbt. Die Glottis ist etwa während der Hälfte einer Schwingungsphase verschlossen. Nach Zusammenführen der Stimmlippen schwingt ihre Masse nach unten weiter. Bereits vor Glottisöffnung heben sich die Stimmlippenränder. Die Stimmstärke hängt von der Schwingungsamplitude, diese von der Luftstromstärke und der Stimmlippenspannung ab. Sie wird mittels Schallpegelmesser bestimmt. Die abgestrahlten Luftschwingungen stehen im physiologischen System aber nicht in direkter Beziehung zu den Amplituden der Stimmlippenschwingungen. Nur etwa 20 % der Energie kommen der Stimme zugute. Auch zwischen der Tonintensität und der pro Zeiteinheit durch die Glottis fließenden Luftmenge von 3 - 30 l/min besteht keine feste Beziehung. Die in Schallenergie umgewandelte Expirationsenergie hat also bei verschiedenen Personen unterschiedliche Werte. Die Intensität dieser Töne wird besonders vom Glottiswiderstand, die Lautstärke hoher Töne von der Luftstromrate bestimmt. Wichtig für die Gesangs-

leistung ist das Verhältnis von maximaler Stärke der Singstimme (meist über 100 dB) zu minimaler (um 50 dB in 1 m Entfernung/Konzertsaal/Sopran).

Der subglottische Druck beträgt 6 - 12 cm Wassersäule. Die Stimmlippenspannung erreicht Werte um 1 kg. Der Glottiswiderstand während einer Stimmlippenschwingung hängt vom viskosen Widerstand, der Luftdichte, der Volumengeschwindigkeit, der Glottisfläche und einer Konstanten ab.

Die schwingende Masse vermindert sich im höchsten Tonbereich infolge maximaler Spannung der kompliziert angeordneten Fasern des M. vocalis, der dann nur noch mit wechselnden Segmenten schwingt und einem Dämpfungsprozeß unterliegt. Im tiefen Tonbereich schwingen die Stimmlippen bei mäßiger Spannung wie große, breite Bänder in ganzer Länge und Breite.

Die Schwingungsfrequenz bestimmt die Tonhöhe, die im wesentlichen auf der Grundtonfrequenz, also der Anzahl der Stimmlippenschwingungen pro Sekunde beruht. Die Häufigkeit des periodischen Schwankens der Luftstromintensität, also die Tonhöhe, hängt außer vom Elastizitätskoeffizienten und der schwingenden Masse auch von der Stimmlippenspannung bzw. dem Glottiswiderstand, der Atemstromgeschwindigkeit, dem Anblasedruck und der Stimmlippenlänge ab, alles Faktoren, die reflektorischer Steuerung unterliegen. Vereinfacht wird die Tonhöhe bestimmt durch das Verhältnis: elastische Stimmlippenspannung/Druck des Ausatemstromes.

Die Funktion des Ansatzrohres besteht neben der "Blasebalgtätigkeit" auch in verschiedenen starken Mitschwingungen der einzelnen Bereiche, die aber nicht den einfachen Resonanzgesetzen entsprechen. Durch die Obertonverstärkung oder -unterdrückung wird der primäre Kehlkopftön zum Naturlaut mit seinem individuellen Timbre verändert. Im allgemeinen werden die Obertöne reduziert und das Frequenzspektrum eingeengt. Dennoch bleiben Frequenzanteile bis mindestens 12 000 Hz erhalten.(KITTEL)

Wie wir gesehen haben, entstehen die Sprachlaute durch fein abgestufte Bewegungen der peripheren Sprechorgane. Seit ARISTOTELES unterscheidet man Selbstlaute (Vokale) und Mitlaute (Konsonanten). Ihren wichtigsten Unterschied hat PORCHHAMMER prägnant festgelegt: "Das konsonantische Artikulationsprinzip besteht in der Bildung von Hemmstellen, das vokalische in der Gestaltung von Resonanzräumen."

a. VOKALE

Die Vokale kommen durch Resonanz der vom laryngealen Stimmton angeblasenen und für jeden Vokal verschieden geformten Mundhöhle zustande. Im akustischen Sinne bedeuten die Vokale zusammengesetzte Klänge mit einem periodischen Bau der Schwingungskurve. Jeder Vokal hat eine für ihn charakteristische und bei allen Menschen durchschnittlich gleiche Eigentonhöhe. Die Tonhöhe ist durch die Resonanz der entsprechend eingestellten Mundhöhle bestimmt. Zur Anregung der Eigenschwingungen der Mundhöhle dient der anblasende Luftstrom des laryngealen Stimmklangs. Dementsprechend kommen die Vokale in allen Sprachen als stimmhafte Dauerlaute zum Ausdruck. Zur Erklärung der Vokalentstehung sind lange Zeit zwei Vokaltheorien in Streit gestanden.

Die HELMHOLTZsche Obertontheorie nahm die Erregung erzwungener Schwingungen des Ansatzrohres durch den primären obertonreichen Stimmklang an. Je nach Form und Dämpfung des Ansatzrohres werden bestimmte Teiltöne durch Resonanz verstärkt. Deswegen können im Vokalklang nur harmonische Teiltöne des erregenden Stimmklangs vorhanden sein.

Nach der HERMANNschen Anblasetheorie wird das Ansatzrohr im Rhythmus der Stimmlippenschwingungen durch stoßartige Impulse der tönenden Luftsäule angeblasen und in gedämpft abklingende Eigenschwingungen versetzt. Diese Eigenschwingungen des Ansatzrohres hängen nur von dessen Einstellung ab, jedoch

nicht von der Frequenz der intermittierenden Anblaseimpulse. Daher braucht kein harmonisches Verhältnis zwischen der Frequenz der anblasenden Luftstöße und der Teiltonhöhe der erregten Vokale zu bestehen.

STUMPF konnte durch seine Interferenzversuche nachweisen, daß die charakteristischen Teiltonbereiche (Formantregionen) der Vokale aus streng harmonischen Teiltönen des erregenden Grundtones bestehen. Nach LULLIES stellt die Anblasetheorie lediglich einen Spezialfall der allgemeinen Vokaltheorie dar. (LUCHSINGER)

Die Formanten stellen hervortretende, besonders von der Form des Ansatzrohres abhängige Obertonbereiche des Klangspektrums dar. Die Maxima der Energieverteilung (Hauptformanten) liegen in der Tonskala an bestimmten, von der Tonhöhe des gesprochenen oder gesungenen Vokales weitgehend unabhängigen, relativ umschriebenen Stellen. (KITTEL)

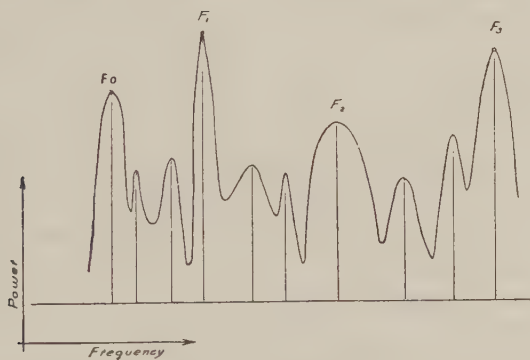


Abb. 2: Formanten

(aus PULGRAM: Introduction to the Spektrography of Speech)

Verbindet man in einem Diagramm die Formantmaxima der Frequenzen der Grundvokale, entsteht annähernd ein Dreieck, wie es HELLWAG bereits 1781 intuitiv angegeben hatte. Bei tief gesungenen Vokalen erkennt man namentlich in den hohen Formantbereichen zwei Schwingungsgruppen, die durch Öffnung und Schlies-

sung der Glottis verursacht sind. Der Oktavbereich mit der größten Amplitude rückt vom U zum I immer höher, doch haben auch E und I in den tiefen Oktaven relativ große Amplituden. Bei offenen Vokalen nähert sich die Mundstellung mehr der A-Stellung, so daß die Formanten des offenen U und O höher, die des E und I tiefer als bei denselben, aber geschlossen gesprochenen Vokalen liegen. Auch innerhalb von Doppellauten (AU - EI - EU - AI) ändern sich mit der Form des Ansatzrohres die abgestrahlten Schwingungen. Dem jeweiligen Vokalformanten entspricht die Eigenfrequenz eines bestimmten Resonators, z.B. des Mundbodens als feste Größe. Diese Eigenfrequenz fällt in der Regel nicht genau mit der eines harmonischen Teiltons der Grundschiwingung zusammen, weshalb die Analysen trotz der weitgehend konstanten Formantlage noch objektivierbare Bereiche mit stärker hervortretenden Obertönen ergeben. Sie charakterisieren mit den relativ hochfrequenten Schwingungen die persönliche, spezifische Klangfarbe. (KITTEL)

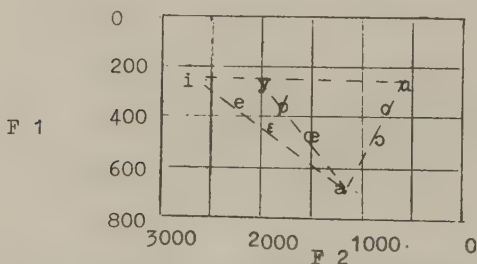


Abb. 3: Karte der deutschen Vokale

(aus MALMBERG: Structural Linguistics and Human Communication)

Die durchschnittliche Frauenstimme hat Formantfrequenzen, die ungefähr 17 % höher sind als die männlicher Stimmen. Die Differenz rührt vom kleineren Vokaltrakt her. Kinderstimmen zeigen noch höhere Formantfrequenzen. (FANT)

b. KONSONANTEN

Im physikalischen Sinne bestehen die Konsonanten teils aus Geräuschen, wie die stimmlosen Laute, teils aus Klanggemischen, wie die stimmhaften Laute. Zur Klassifikation der Konsonanten bieten sich verschiedene Einteilungsprinzipien an. Am wichtigsten sind die Lage und die Mechanik der Lautbildung. Nach dem Orte der Lautbildung unterscheidet man fünf Artikulationszonen:

1. die labiale
2. die linguo-dentale
3. die palatale
4. die dorso-faukale
5. die laryngeale Artikulationszone.

Nach der Mechanik der Lautbildung hält man ferner in jeder Lautzone mehrere Lautarten auseinander:

1. Verschußlaute (Explosivae)
2. Reibelauten (Fricativae)
3. Nasenlaute (Resonantes)
4. Zitterlaute (Vibrantes)
5. Halbvokale (Liquidae)

Außerdem unterscheidet man stimmhafte und stimmlose Laute. LULLIES gibt in der folgenden Tabelle eine ähnliche Einteilung der Konsonanten nach ihrer Bildungsweise:

Bildungsort (Artikulationsstelle)		Bildungsart				
		Verschuß- laute (Explosivae)	Reibelauten	Zitter- laute	L- Laute	Nasen- laute
I	Lippen od. Unter- lippe u. Oberzähne (labial)	p b	f v	(Lippen-R)		— m
II	Vorderzunge und Zähne (dental)	t d	ss s			— n
III	Zunge und Vordergaumen (lingual)	t d	vord. Ch Sch J Sch	Zungen-R	l	— ñ
IV	Zunge und Hintergaumen (guttural)	k g	hinteres Ch hinteres Ch	Gaumen-R	ll	— ng

Tabelle 1

VI. SPRACHENTWICKLUNG

Für den Lernvorgang des Sprechens wurde von BERRY und EISEN-SON folgendes Schema angegeben:

1. Reflektorische Lautbildung - Hören - Wiederholende Lautbildung - Freude an der Lautbildung
2. Äußerer Lautstimulus - Nachahmung - Freude über die Nachahmung - Kontinuierliche Wiederholung
3. Wiederholende Nachahmung - Zustimmende Reaktion aus der Umgebung - bewußte Wiederholung - Kontinuierliche Wiederholung mit beginnendem Erfassen der Bedeutung (beim Erlernen erster Begriffe)

Der Nachahmungstrieb und die Freude am eigenen Stimmklang fördern das reflektorische Wiederholen und führen zu sogenannten Bewegungstereotypen. Die Verbindungen zwischen Gehör, Zentralnervensystem und Sprechorganen, also die der akustisch-perzeptiven Komponente mit der motorisch-expressiven Komponente, bilden sich aus. Sie ermöglichen die Entwicklung der "inneren" Sprache. Die sich formenden Engramme sind ein Produkt hochkomplexer und zeitlich geschichteter Bahnung von zahlreichen Assoziationsbögen. Dieser Bahnungsvorgang bewirkt nach und nach eine gesteigerte Durchgängigkeit der Synapsen. Durch den Wiederholungsvorgang verbleiben Gedächtnisspuren. Sie entstehen um so leichter, je emotionaler die Beteiligung zu dem betreffenden Zeitpunkt ist, je häufiger der primäre Vorgang sich wiederholt und wenn gleichzeitig oder nacheinander mehrere Sinnesorgane erregt werden. Einmal gebahnte Erregungsmuster werden wieder geweckt, wenn ähnliche Muster von der sensorischen Seite zu einem späteren Zeitpunkt eintreffen. Eine andere Anschauung betrachtet diesen Prozeß als Resonanzvorgang.

Voraussetzung für die Aufnahme von Schallreizen aus der Umgebung ist natürlich, daß das Hörorgan in seiner Gesamtheit intakt ist. Der periphere und zentrale Teil müssen in der Lage sein, Signale aufzunehmen und entsprechend zu Verarbeitung weiterleiten zu können. Nur so ist die gleichzeitige

Ausbildung besonderer Zentren im Bereich des Zentralnervensystems möglich. Von dort aus erfolgen dann die Impulse für den motorischen Sprechablauf.

Die Bedeutung der Zentren und der sie verbindenden afferenten und efferenten Bahnen wird deutlich bei Ausfallserscheinungen, die für jeden Bereich gewisse Charakteristika erkennen lassen. Für das Verständnis und die Möglichkeit der exakten Wiedergabe der menschlichen Sprache ist es erforderlich, daß mindestens im Bereich von 250 - 4000 Hz das Gehör intakt ist. Dieser Frequenzbereich entspricht den optimalen Leistungen des menschlichen Ohres für die Beurteilung akustischer Umweltvorgänge. Er ist die Zone der Formanten der Vokale und stimmhaften Konsonanten. Die stimmlosen Konsonanten dagegen haben ihre charakteristischen Bestandteile bis zu 8000 Hz, zum Teil sogar bis zu 12 000 Hz.

Fehlbildungen oder entzündliche Veränderungen des Hörorgans haben - abhängig von ihrem Sitz - unterschiedliche Folgen. Eine leichte bis mäßige Schalleitungsschwerhörigkeit muß nicht in jedem Falle die Sprachentwicklung negativ beeinflussen. Die Auswirkungen bei einer Schallempfindungsstörung können dagegen ganz erheblich sein. Während es im ersten Fall meist nur zu einer leichten Veränderung der Akzente kommt, treten bei einer Innenohrschwerhörigkeit erhebliche Lautfehlbildungen auf. Gehörlosigkeit führt zum Ausbleiben der Sprachentwicklung auf normalem Wege.

Störungen des Sprachverstehens gehen auf einen Ausfall des Zentralhirns zurück. Der Prozeß der Integration und erneuten Differenzierung auf sprachlichem Gebiet ist unterbrochen, Ausfälle des Frontalhirns lassen die Entstehung des erforderlichen Erregungsmusters nicht mehr zu und eine Störung der Motorik wird deutlich. Ein Ausfall im extrapyramidalen Bereich wirkt sich auf die Regulierung des Muskeltonus und der Bewegungskoordination aus. Daraus können sich Änderungen der Sprachakzente und Behinderungen der Artikulation ergeben. Bei der Betrachtung der erforderlichen Faktoren für die altersgemäße Entwicklung der Sprache darf neben der voraus-

gesetzten Funktionstüchtigkeit der Sprechorgane, der Intaktheit des Gehörs, der zentralen Bereiche und ihrer Bahnen die Bedeutung des Sehvermögens nicht unberücksichtigt bleiben. Es erleichtert dem Kind die Erlernung der Laute, da es die Sprechbewegungen der Mutter sehen kann und nachzuahmen lernt. Die gut sichtbaren Lautbildungen im Bereich der vorderen Artikulationszonen werden am leichtesten erfaßt. Gleichzeitig mit den Sprechbewegungen prägen sich auch die sie beleitende Mimik und die Gebärden ein, die von einer normalen Sprachentwicklung nicht zu trennen sind. (SIEGERT)

VII. HÖRSTÖRUNGEN

a. BEDEUTUNG KINDLICHER HÖRSTÖRUNGEN

Wie bereits mehrfach erwähnt, haben Hörstörungen im Kindesalter eine besonders große Bedeutung. Denn ein ausreichendes Hörvermögen ist nicht nur Voraussetzung für den Erwerb von Sprache und Sprechvermögen, sondern darüber hinaus für die geistige und seelische Entwicklung eines Kindes.

Auf Grund des funktionellen Kreises zwischen Hören und Sprechen ist es nicht verwunderlich, daß ein taubes oder hochgradig schwerhöriges Kind in seiner Kommunikationsfähigkeit wesentlich behindert ist. Es gerät gegenüber seiner Umwelt in eine mehr oder weniger große Isolierung. Es durchläuft eine ganz anders geartete geistig-seelische Entwicklung. Zur Häufigkeit kindlicher Hörstörungen wäre zu sagen, daß nach übereinstimmenden Angaben etwa 3 - 4 % aller Kinder an einer behandlungsbedürftigen Schwerhörigkeit leiden. Abhängig von sozialen Verhältnissen kann diese Zahl noch höher ansteigen. Bei den meisten Kindern handelt es sich um temporäre Schalleitungsstörungen. Bei etwa 1 % aller Schulkinder findet man unheilbare Innenohrleiden, welche einer audiologischen Therapie (Hörgerät, Hörtraining) bedürfen. (BECKMANN)

b. ÄTIOLOGIE KINDLICHER HÖRSTÖRUNGEN

Ätiologisch kann man die kindlichen Hörstörungen in vier Gruppen einteilen:

1. erbliche Schwerhörigkeit und Mißbildungen
2. pränatale exogene Ursachen
3. perinatale Ursachen und
4. postnatale Ursachen

1. Die erbliche Schwerhörigkeit kann man wiederum in zwei Gruppen einteilen: in eine sporadisch-rezessive Schwerhörigkeit, die wesentlich häufiger auftritt und der eine Degeneration des nervösen Cochleaapparates zugrundeliegt, und eine dominant hereditär-degenerative Schwerhörigkeit, die teilweise in Verbindung mit anderen erblichen Symptomen in Form bestimmter Syndrome vorkommt.

2. Bei den pränatalen Ursachen der Hörstörungen kommen vor allem Virusinfektionen der Mutter während der Schwangerschaft in Frage. Das Musterbeispiel hierfür ist die mütterliche Rötelnernkrankung, welche sich als Embryopathia rubeolosa mit ausgeprägter Organaffinität auf das Hörorgan auswirkt. Hördefekte werden auch in Zusammenhang mit Masern, Grippe, Poliomyelitis, Coxsackie-Infekten, Viruspneumonie und Zoster angegeben. Auch andere exogene Noxen wie teratogene Medikamente (Thalidomid) verursachen in der pränatalen Periode Hörschäden und Ohrmißbildungen (KITTEL).

3. Als perinatale Ursachen kommen neben ungünstigen mechanischen Geburtseinflüssen, schwere Asphyxie, Prä maturität und Hyperbilirubinämie (bei Blutgruppenunverträglichkeit) in Frage.

4. Im Säuglings- und Kindesalter spielen Infektionskrankheiten als postnatale Ursachen noch immer die größte Rolle bei der Entstehung einer Hörschädigung. In Frage kommen vor allem Meningitis, Masern und Mumps, wobei die erste zahlenmäßig an der Spitze steht. Auch mechanische und akustische Traumatisierung kommen für die Entstehung der Schwerhörigkeit in Frage. Nicht zuletzt die Streptomycintherapie hat in einem

relativ hohen Prozentsatz eine hochgradige Schwerhörigkeit verursacht. Auch die Medikamentation von Neomycin und Kanamycin muß in dieser Hinsicht mit großer Vorsicht gehandhabt werden.

Trotz der beträchtlich gewachsenen Kenntnisse und Erfahrungen über die Ätiologie kindlicher Hörstörungen bleibt ein hoher Prozentsatz von etwa 30 - 40 % anamnestisch oder pathologisch-anatomisch unklar.(BECKMANN)

c. Einteilung der Hörstörungen

Hörstörungen unterscheidet man einmal nach ihrem Grade (Intensität), andererseits nach ihrer Art. Der graduellen Einteilung liegt unter anderem die Entfernung in Metern zugrunde, auf welche Umgangssprache verstanden wird:

- Normalgehör = Umgangssprache über 10 m,
- geringe Schwerhörigkeit = Umgangssprache über 4 m (Hörverlust bis ca. 40 dB),
- mittelgradige Schwerhörigkeit = Umgangssprache 1 - 4 m (Hörverlust bis ca. 70 dB),
- hochgradige Schwerhörigkeit = Umgangssprache weniger als 1 m (Hörverlust über 70 dB),
- Taubheit

Nach ihrem audiologischen Hörschwellenverlauf sind Hörstörungen unterschiedlich klassifiziert worden. Artmäßig unterscheidet man die Schalleitungsschwerhörigkeit von der Schallempfindungsschwerhörigkeit (Innenohrschwerhörigkeit) sowie bei Anteilen beider Formen die kombinierte Schwerhörigkeit. Die Schalleitung wird durch Veränderungen im äußeren und Mittelohr gestört. Dadurch entsteht ein charakteristischer Verlust vorwiegend im tiefen Frequenzbereich. Die Schallempfindungsschwerhörigkeit kann in der Schnecke oder retro-labyrinthär lokalisiert sein. Sie weist einen überwiegenden Verlust im höheren Frequenzbereich auf, durch welchen neben der intensitätsmäßigen Abschwächung auch eine Fehlhörigkeit entsteht.(BECKMANN/BIESALSKI)

VIII. SPRACHSTÖRUNGEN INFOLGE VON GEHÖRLEIDEN: AUDIOGENE DYSLALIEN

Wie in dem Abschnitt über die normale Entwicklung der Sprache eingehend geschildert ist, stellt das Gehör die wichtigste Eingangspforte für die Anregung zum Sprechen dar. Deshalb muß jede Einbuße des Gehörs die Entwicklung und Ausbildung der Sprache aufhalten. Je nach dem Grade des Hörausfalls äußert sich dies in gradweise unterschiedlichen Fehlern der Sprechweise. Seit STUMPFs Untersuchungen über den akustischen Aufbau der Sprachlaute ist der Zusammenhang zwischen Hörstörungen und Entwicklungsstörungen der Lautbildung geklärt. Wie schon ausgeführt, ist der dunkle Vokal U durch die tiefste Lage seiner Formanten gekennzeichnet. Bei den übrigen Vokalen O, A, E und I steigt mit der Zunahme der Helligkeit des Lautes auch die Lage seiner Formantgebiete. Von den Konsonanten sind ebenfalls die dunklen Explosivlaute durch tiefere Spektralanteile gekennzeichnet, während die auch dem Ohr besonders scharf klingenden Reibelauten F, S, SCH, CH ihre Spektralgebiete weit höher ausdehnen. Es ist daher nicht verwunderlich, daß beim Vorliegen eines Gehörleidens in der frühen Kindheit die normale Entwicklung der Sprache hochgradig gestört sein muß, weil der Klang der Sprachlaute mit dem Ohr gar nicht oder nur entstellt erkannt werden kann. (LUCHSINGER)

a. DIE SPRACHE DER GEHÖRLOSEN

Gehörlose können nicht sprechen infolge angeborener oder in der frühen Kindheit erworbenen Taubheit. Bei vollkommener Taubheit bleibt die spontane Sprachentwicklung überhaupt aus. Das triebmäßige Lallen in den ersten Lebensjahren ist wohl vorhanden, macht dann aber keine Fortschritte. Die Kinder lernen außer "Mama" und "Papa" nichts dazu und bleiben stumm, solange man ihnen nicht das Erlernen der Lautsprache auf einem anderen Weg ermöglicht. Dafür steht nur der opti-

sche, taktile und kinästhetische Weg offen, wie er in der Gehörlosenschule oder vom Spracharzt gelehrt wird. Infolge der fehlenden Gehörkontrolle erreicht die Sprache aber nie die Vollkommenheit der Normalhörigen, sondern zeigt charakteristische Fehler.

Die Atmung ist bei taub geborenen oder frühzeitig ertaubten Kindern nicht mit den Sprechbewegungen koordiniert. Sie erfolgt zu häufig, wird nicht ausgenutzt und bedingt daher großen Luftverbrauch. Die pneumographischen Atemkurven sind sehr unregelmäßig und weichen vom normalen Verhalten der physiologischen Sprechatmung erheblich ab. Auch später bleibt die Atmung geräuschvoll, weil die Gehörlosen sie nicht hören und konventionelle Gepflogenheiten der Konversation nicht kennen.

Nach MITRINOVITCH sind Veränderungen der Atmung bei angeborener Taubheit stärker als bei erworbener. Bei dieser hängen sie überdies von der Entstehungszeit, der Dauer und dem Grade der Hörstörung ab. Durch pneumographische, röntgenologische und elektromotorische Untersuchung der Atembewegung fand sie unkoordinierte, asymmetrische, unregelmäßige und arhythmische Bewegungen der Zwerchfelhhälften bei verschiedener und von der Norm abweichender Chronaxie der beiden Nn. phrenici.

Auch die Stimme erscheint deutlich verändert. Schon die Melodiebewegung beim Lallen und Weinen des tauben Kleinkindes zeigt eine entstellte Modulation. Dies ist ein wichtiges Kennzeichen der Taubheit im Kindesalter. Später liegt die Sprechstimme häufig viel zu hoch, weil die Stimme beim Bestreben des Sprechunterrichtes nach deutlicher Artikulation in die Höhe getrieben wird. Im Kehlkopf sieht man nicht selten leichte Bewegungsstörungen der Stimmlippen (Taubstummphonasthenie), wie zahlreiche Autoren nachgewiesen haben (BRUNNER, FRÜHWALD, SOKOLOWSKY). Die Mutationerscheinungen sind bei beiden Geschlechtern akustisch sehr auffallend. Veränderungen der Sprachakzente lassen sich regelmäßig nachweisen. Sie bedeuten die Hauptursache der plumpen und unmelo-

dischen oder kreischenden Gehörlosensprache. Man findet den melodischen, temporalen und dynamischen Akzent weitgehend entstellt. Dies bedingt die schlechte Verständlichkeit dieser Sprache.

Als MADEBRINK die Dauer von Verschlusslauten in der Sprache der Gehörlosen untersuchte, fand er sie stark verändert. Deshalb trägt die systematische Schulung der Verschlusslautbildung zur Deutlichkeit der Gehörlosensprache bei. Wann immer der Gehörlose eine klare Aussprache versucht, übertreibt er den dynamischen Akzent konform mit der gesteigerten Anstrengung. Der temporale Akzent der Lautdauer erscheint vor allem bei schwer erlernbaren Lauten verlängert. Ebenso hängt der melodische Akzent der Tonhöhenschwankungen von der Artikulation ab. Je deutlicher der Gehörlose sprechen will, desto mehr hebt sich seine Sprachmelodie. Daher ist ihm auch die Differenzierung zwischen den einzelnen Akzenten nicht möglich.

Aus allen diesen Gründen klingt die Gehörlosensprache also weniger monoton als artikulatorisch, rhythmisch, dynamisch und melodisch verzerrt. Außerdem macht sich die fehlende Gehörskontrolle durch zusätzliche und bedeutungslose Geräusche bemerkbar. Dazu gehören schnaufende Atmung, zwecklose Stimmlaute, primitive Urlaute wie Schnalzen und Räuspern sowie nichtsprachliche Geräuschvorgänge in den oberen Speisewegen. Im allgemeinen hängt die Qualität der Sprache von der individuellen Begabung, vom Ausmaß der oft vorhandenen Hörreste und vom Zeitpunkt des Hörverlustes ab. Je später die Ertaubung eintritt, desto geringer sind die Abweichungen von Atmung, Stimme, Lautbildung und Akzentgebrauch. Durchschnittlich gilt das siebte Lebensjahr als Grenze. Früher ertaubte Kinder verlieren deshalb die vorhandene Sprache wieder. (LUCHSINGER)

Weiterhin beobachtete EGUCHI an tauben Kindern, daß die Verständlichkeit der Sprache bei 82 % der Kinder unter einer Grenze von 50 % lag.

b. DIE SPRACHE DER SPÄTERTAUBTEN

Nach dem vollständigen Erwerb der Sprache, also nach dem Beginn der Schulzeit führt ein Hörverlust nicht mehr zur Stummheit, sondern schädigt nur die Aussprache.

Die Atmung ist teils normal, teils durch die gleichzeitigen Fehler der Stimme gepreßt, zu häufig oder unruhig. Ähnliches gilt für die Stimme. Sie klingt auffallend hoch und viel zu laut, weil die eigene Gehörkontrolle fehlt, sowie monoton, weil der melodische Akzent verschwindet. Bezüglich der Lautbildung macht sich eine allgemeine Undeutlichkeit und Verwaschenheit bemerkbar.

Alle Sprachakzente erscheinen hochgradig entstellt. Der dynamische Akzent ist entweder übermäßig gesteigert, an falscher Stelle angewandt oder zu gering. Ebenso klingt der rhythmische meist verschliffen. Den melodischen Akzent findet man durch eine gleichförmige Sprechmelodie ersetzt. (LUCHSINGER)

Da völlige Ertaubung selten ist, können Spätertaubte mit Hilfe eines Hörgerätes selbst bei nur geringem Restgehör den Kontakt mit der Umwelt verbessern und die eigene Sprache kontrollieren (BAUER).

c. SCHWERHÖRIGENSPRACHE

Schwerhörigensprache ist die Folge einer seit Kindheit bestehenden Schwerhörigkeit, wodurch die Sprachentwicklung verzögert und die Lautbildung entstellt wird.

Die Stimme klingt wegen des verminderten Lautstärkeindrucks der sprachlichen Umwelt oft leise. Manchmal wieder versuchen die schwerhörigen Kinder durch vermehrte Stimmstärke sich selbst besser zu hören. Auch durch die stete Aufforderung der Umgebung zur deutlicheren Aussprache wird die Stimmstärke erhöht. Neben diesen allgemeinen Veränderungen des Stimmklangs gestattet eine sorgfältige Analyse gewisse Rückschlüsse auf die Art der zugrunde liegenden Schwerhörigkeit. Es ist näm-

lich für Schalleitungsstörungen im Mittelohr charakteristisch, daß die Stimme tief und leise klingt. Neben monotoner Sprechweise fällt die gutturale Klangfarbe auf. Wegen der unterdrückten Nasenlaute besteht Neigung zu geschlossenem Näseln; Endkonsonanten verlieren die Stimmhaftigkeit. Alle diese Erscheinungen sind durch die gute Knochenleitung bedingt, welche dem schwerhörigen Ohr genügende Information über die Sprechvorgänge zu bieten scheint. Bei den Nasenlauten ist die Resonanz durch die Knochenleitung so stark, daß der Kranke sie zu unterdrücken versucht. Daher die Neigung zum verstopften Näseln.

Ganz anders verhalten sich die typischen Stimmveränderungen bei Innenohrschwerhörigkeit. Hier klingt die Stimme gewöhnlich zu hoch und zu laut. Oft ist die Resonanz durch schrille oder kreischende Klangfarbe entstellt. Offenes Näseln ist häufig. Die hellen Vokale sind verdunkelt. Alle Zischlaute sind verwaschen oder fehlen ganz. Wegen ihrer schlechten Knochenleitung versuchen somit die perzeptiv Schwerhörigen, die Resonanz ihrer Stimme zu vermehren. Damit sie sich selbst besser hören, erhöhen sie Höhe, Stärke, Schärfe und die nasale Resonanz ihrer Stimme.

Bei Kindern erweist sich die Aussprache teils durch die Entwicklungsfehler des Stammelns oder des Agrammatismus gestört, teils durch die typischen Fehler der Schwerhörigen-sprache. Diese bestehen darin, daß in Übereinstimmung mit der audiometrischen Hörkurve diejenigen Laute fehlen oder verwaschen gesprochen werden, deren Formantlage nur unvollkommen oder überhaupt nicht vernehmbar ist. Je größer also der Hörverlust qualitativ in Bezug auf die Tonhöhe der betroffenen Frequenzen und quantitativ in Bezug auf die Verschlechterung der Hörschwelle ist, desto zahlreicher und schwerer sind die Fehler der Aussprache. (LUCHSINGER)

EGUCHI stellte bei seinen Beobachtungen fest, daß Kinder mit verhältnismäßig geringer Schwerhörigkeit vor allem die Laute D, G und Z nicht aussprechen können.

Die folgende Abbildung zeigt, wie sich vor allem die obere

Begrenzung der Frequenzen auf die Sprachverständlichkeit auswirkt, wenn sie unter 2000 Hz sinkt. Im gleichen Maß sinkt sie, wenn die untere Grenzfrequenz über 1000 Hz angehoben wird. Im Gebiet zwischen 1000 und 2000 Hz ist die größte Informationsdichte der lautsprachlichen Zeichen konzentriert. Versuche mit Frequenzbeschneidungen haben weiterhin gezeigt, daß bei Bandpaßfilterung die höchste Verständlichkeit erreicht wird, wenn die Formanten im Durchlaßbereich liegen.(LINDNER)

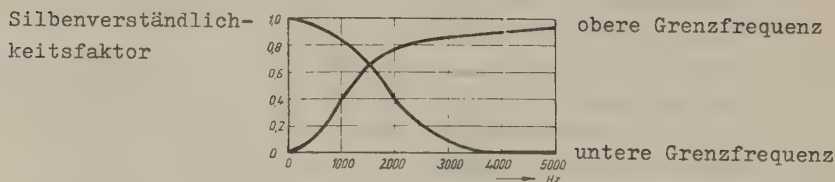


Abb. 4: Abhängigkeit der Sprachverständlichkeit von der oberen bzw. unteren Grenzfrequenz eines Filter (nach FLETCHER)

C. MATERIAL, GERÄTE UND METHODIK

I. MATERIAL UND GERÄTE

Die Sprachaufnahmen wurden an der Gehörlosenschule Nürnberg gemacht. Das dabei benutzte Gerät war ein Magnettongerät der Fa. REVOX. Aufgenommen wurde mit der Geschwindigkeit 19 cm/sec, so daß eine sichere Erfassung der zu analysierenden Frequenzen (80 - 8000 Hz) gegeben war. Der Aufnahmebereich bei dieser Geschwindigkeit beträgt ca. 40 - 15 000 Hz.

Als Mikrophon wurde ein empfindliches Kondensatormikrophon verwendet. Dieses Mikrophon besitzt eine fast lineare Charakteristik über einen großen Frequenzbereich, sowie eine hohe Betriebssicherheit. Das Mikrophon benötigt ein Netzgerät. Eine sorgfältige Abschirmung der Zuleitungen wurde vorgenommen.

Als Tonträger wurde ein Doppelspielband der Fa. AGFA-GEVAERT benutzt.

Die Aufnahmen wurden auf den Sonographen 6061 - B der KAY ELECTRIC COMPANY, Pine Brook, New Jersey überspielt (Schaltbild). Dabei wird das Stimm- und Sprachspektrum nach der Frequenz über die Zeit synchron auf eine Trömmel mit Wachspapier aufgezeichnet, indem der auf eine Magnetscheibe aufgesprochene oder überspielte Text mit einem "Lesekopf" abgetastet wird. Die genaue Funktionsweise ist bereits in dem Abschnitt "Methoden der Stimmanalyse" beschrieben worden.

Als Einschub wurde die "Contour Display Unit" 6070 - A ebenfalls von der Fa. KAY ELECTRIC COMPANY verwendet. Diese Einheit übersetzt elektronisch die Stimme so ins Optische, daß sieben geschlossene Konturen solcher Spektrogramme gleichvielen Amplitudenstufen entsprechen (Konturensonographie). Die in einen bestimmten Schalldruckbereich fallenden Amplituden werden dabei mittels abgestufter Grau-Schwarz-Tönungen zusammengefaßt und umrändert, so daß graphisch-landkartenähnliche Aufzeichnungen entstehen. Der dynamische Bereich bei der verwendeten Einheit beträgt 42 dB, wobei jede Kontur ein

Intervall von 6 dB umfaßt. Die Genauigkeit beträgt dabei $\pm 0,25$ dB. Die Gleichlaufschwankung liegt unter 0,15 %. Das ebenfalls von der Fa. KAY ELECTRIC CO. hergestellte Sonagrammpapier besteht aus einem geschwärzten Papier, das mit einer weißen Wachsschicht beschickt und für elektrische Spannungen empfindlich ist. Mit einem Schreibstichel als Elektrode wird die Energie, die das Suchfilter des Sonagraphen passiert, dem Papier zugeleitet. Der Strom, der am Ausgang des Suchtonanalysators auftritt und der jeweiligen Spektralintensität proportional ist, brennt den hellen Überzug weg, so daß die dunkle Unterlage um so deutlicher hervortritt, je größer die spektrale Intensität ist.

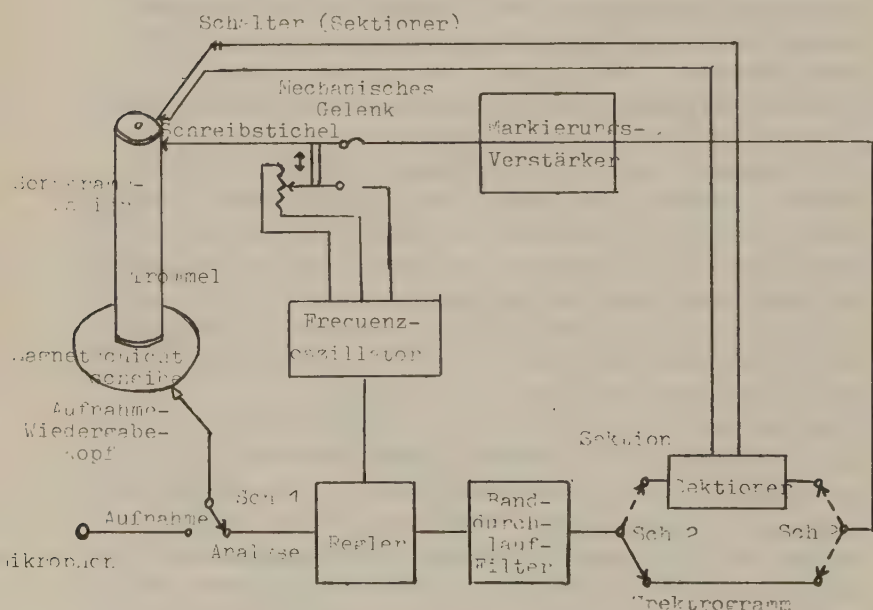


Abb. 5: Funktionelles Diagramm des Sonagraphen (vereinfacht)
(nach FLANAGAN: Speech Analysis; umgezeichnet)

II. AUFNAHMETECHNIK

Folgende Aufnahmetechnik nach WINCKEL wurde eingehalten:

a. Einhaltung der Sprechentfernung

Das Mikrophon wurde in einem Abstand von 0,50 m vom Sprecher aufgestellt. Eine Annäherung an das Mikrophon würde die Amplituden vor allem des tiefen Frequenzbereiches ansteigen lassen.

b. Lautstärke der Stimme

Sie muß bei allen Versuchspersonen möglichst gleichlaut sein, und soll etwa in einem Bereich von 75 Phon liegen. Die Lautstärke wurde durch das Aussteuerungsinstrument des Tonbandgerätes kontrolliert.

c. Ausschaltung des Raumeinflusses

Die Sprachaufnahmen wurden in Räumen gemacht, die mit sog. Celotexpplatten ausgekleidet waren. Dadurch werden die Sekundäranteile des Schalles, die sich durch Wandreflexion ergeben, weitgehend ausgeschaltet. Da die akustischen Eigenschaften des Aufnahmerraumes eine Wirkung auf das Amplitudenvibrato und die Formantfrequenzen haben (SEYMOUR), ist eine gewisse Fehlergrenze nicht zu vermeiden.

Einstellung des Sonagraphen

Die Sonagramme wurden in der sog. "Contour Display"-Methode geschrieben (Contour Outline Intensity: 5; Contour Shading Intensity: 5).

Die Filterbandbreite betrug 300 Hz (Band Selector: Wide).

Untersucht wurde der Frequenzbereich von 80 - 8000 Hz.

Zeitdauer je Sprachprobe: 2,4 sec.

Die Sonagramme wurden in 500 Hz - Intervallen kalibriert.

Die Aufzeichnung der Frequenzen erfolgte linear. Analysierdauer je Sonagramm: 80 sec. Die Sonagramme wurden auf der kleinen Trommel geschrieben.

Eine Übersteuerung wurde sowohl während der Überspielung vom Tonbandgerät zum Sonagraphen als auch während der Analysierdauer vermieden.

III. WORTWAHL

Die Vokalformanten führen nach MEYER-EPPLER unter dem Einfluß benachbarter Konsonanten charakteristische Bewegungen aus. STEVENS und HOUSE fanden in ihren Untersuchungen, daß die Begleitkonsonanten imstande sind, die Formantfrequenzen, insbesondere F 2 zu verändern, und zwar in Abhängigkeit von der Art der Vokale, ihrem Bildungsort und vom Klangcharakter der benachbarten Konsonanten.

Es erscheint deshalb sinnvoll und notwendig, einen Standartsatz zu verwenden, um relevante Vergleiche überhaupt durchführen zu können. In der Erlanger HNO-Klinik lautet dieser Standartsatz: "Das Maiglöckchen blüht weiß".

Dieser Satz, der auch bei dieser Untersuchung angewandt wurde, ermöglicht es, die einzelnen Laute und ihre Formanten leicht aufzufinden und gut zu vergleichen. Die einzelnen Vokale sind gut voneinander abgegrenzt. Allerdings ergeben sich für gehörgeschädigte Kinder gewisse Schwierigkeiten, den ganzen Satz innerhalb der technisch bedingten 2,4 sec Aufnahmedauer auszusprechen.

Um eine gewisse Hilfestellung zu geben, wurde den Kindern bei der Aufnahme ein Lichtband gezeigt, das den Satz: "Das Maiglöckchen blüht weiß" in der geforderten Zeit von 2,4 sec ablaufen läßt. Trotz dieser Hilfe benötigten viele Kinder länger, so daß eine Analyse des Satzes in zwei Teilen vorgenommen werden mußte.

Ergänzend wäre noch zu sagen, daß BÖHME die Worte "Schokoladenpudding" und "nur Limonade" bei der Sprachanalyse verwendet. FRANK benutzt das Wort "zweitens" und den Satz: "Ein junger Mann kommt". BAUER gibt in seinen Arbeiten die Sätze: "Das meinen viele Kinder" und "Heute ist Mama da" an. V. ESSEN gebrauchte in seinen vergleichenden Analysen das Wort "Apotheke".

IV. VERSUCHSPERSONEN

Es wurden insgesamt 48 Kinder der Gehörlosenschule Nürnberg untersucht. Die Sprachaufnahmen von 3 Kindern aus der Gruppe der Jüngsten waren nicht verwertbar, da diese den Standardsatz entweder nicht in einer verwertbaren Zeit schafften oder die Aufnahme durch Nebengeräusche gestört wurde.

Es wurden Sprachaufnahmen von den folgenden 3 Gruppen von Schulkindern mit unterschiedlichem Restgehör (siehe nächsten Abschnitt) vorgenommen:

Gruppe 1: 6 - 8 Jährige, insgesamt 15 Kinder, davon 7 Jungen und 8 Mädchen;

Gruppe 2: 9 - 11 Jährige, insgesamt 14 Kinder, davon 1 Junge und 13 Mädchen;

Gruppe 3: 13 - 16 Jährige, insgesamt 19 Kinder, davon 13 Jungen und 6 Mädchen;

Jedes Kind sprach den Satz: "Das Maiglöckchen blüht weiß" mehrmals hintereinander auf Tonband. Zuvor wurde der Satz etwas eingeübt, um die Zeit von 2,4 sec einzuhalten und um eine möglichst gleiche Lautstärke zu erzielen. Außerdem wurde dabei die Aussteuerung überprüft.

Angefertigt und ausgewertet wurden insgesamt 202 Sonagramme.

V. AUDIOMETRIE

Zum besseren Verständnis der nachfolgenden Untersuchungsergebnisse ist eine kurze Einführung in das Wesen der Audiometrie nötig.

Unter Audiometrie versteht man eine Gehörprüfung mit Hilfe eines elektro-akustischen Instrumentes, eines sog. Audiometers, der reine Töne in Oktav- oder Halboktavabständen von C bis c⁶ (64 bis 12 000 Hz) erzeugen kann. Die Prüfung besteht darin, daß mit dem Audiometer Hörschwellen aufgesucht werden, bei denen ein Ton gerade noch gehört wird.

Die Lautstärke oder Intensität wird in Dezibel (dB) gemessen, wobei 1 dB einem Phon (bei 1000 Hz) entspricht. Die Schmerzgrenze entspricht 120 dB. Mit Hilfe besonderer Kopfhörer für die Luft- und Knochenleitung werden nun jeweils die Hörschwellen bestimmt und die Ergebnisse in ein Koordinatensystem eingetragen, wobei auf der Abszisse die Tonhöhe in Hz, auf der linken Ordinate der Hörverlust in dB, auf der rechten Ordinate der Hörverlust in % eingetragen wird. Durch Verbindung der Schwellenwerte für die einzelnen Töne von 64 - 12 000 Hz entsteht das Audiogramm mit einer sog. Luftleitungskurve und einer Knochenleitungskurve. Bei normalem Gehör muß die Kurve um die Abszisse 0 liegen. Man unterscheidet in der Hörschwellenaudiometrie mehrere Verhaltensweisen:

1. Liegt die Kurve über der 0-Abszisse, so bedeutet das eine besonders große Empfindlichkeit des betreffenden Hörorgans.
2. Sind Luftleitung und Knochenleitung gleich stark gegen die Norm verschlechtert, so betrachtet man den Schalleitungsapparat als normal und spricht von einer reinen Schallempfindungsstörung.
3. Ist die Knochenleitung normal und nur die Luftleitung gegen die Norm verschlechtert, so nimmt man an, daß die Schallempfindung normal ist und spricht von einer reinen Schalleitungsstörung.
4. Sind sowohl Luft- wie Knochenleitung gegen die Norm verschlechtert, jedoch die Luftleitung schlechter als die Knochenleitung, so daß die Knochenleitungskurve des Patienten zwischen seiner Luftleitungskurve und der Normalkurve liegt, so spricht man von einer kombinierten Schalleitungs-Schallempfindungsstörung.

Man kann die Kurvenbilder kombinierter Schwerhörigkeiten folgendermaßen lesen: Der Abstand der Knochenleitungskurve von der Normallinie stellt in dB den Hörverlust dar, der durch die Schallempfindungskomponente gegeben ist. Der Abstand der Luftleitungskurve von der Knochenkurve stellt in dB gemessen den Hörverlust dar, der auf die Schalleitungskomponente entfällt. (LANGENBECK)

Zur Erläuterung sind einige Beispiele wiedergegeben:

Atlas - Audiogramm

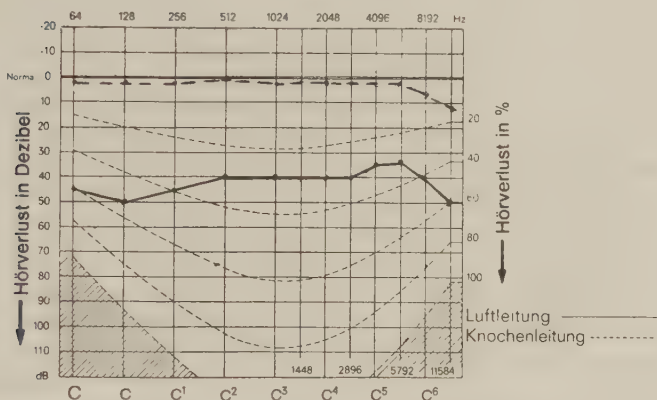


Abb. 6: Beispiel einer reinen Schalleitungsstörung
(Senkung der Luftleitungskurve)

Atlas - Audiogramm

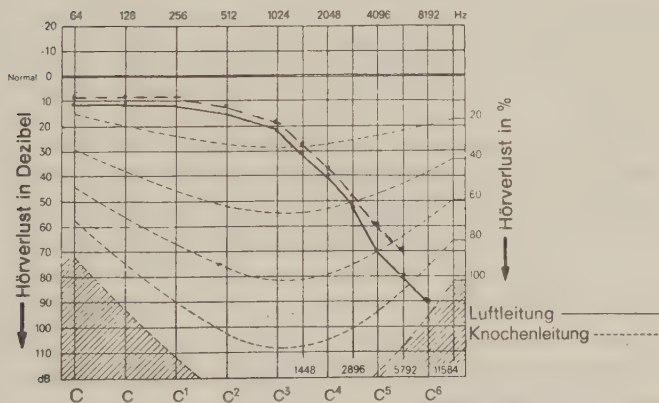


Abb. 7: Beispiel einer reinen Schallempfindungsstörung
(Senkung der Luft- und Knochenleitungskurve)

Atlas - Audiogramm

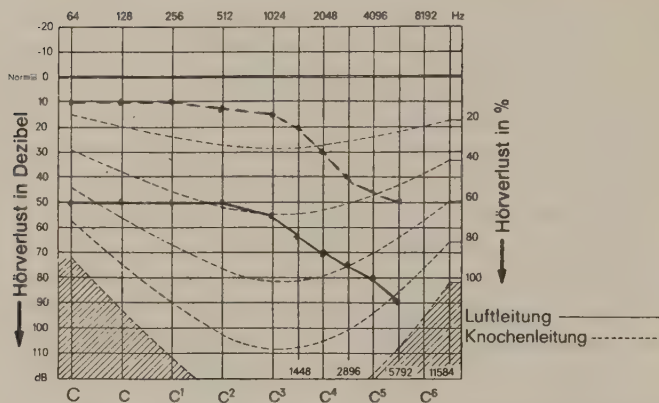


Abb. 8: Kombinierte Schalleitungs-Schallempfindungsstörung (Senkung sowohl der Luft- als auch der Knochenleitung, wobei die Luftleitung schlechter ist als die Knochenleitung)

Neben den beschriebenen Differenzierungen der Hörstörungen wird außerdem noch eine Einordnung nach Schweregraden vorgenommen (nach BIESALSKI):

- Hörstörung leichten Grades (bei Verlusten bis 40 dB)
- Hörstörung mittleren Grades (im Hauptsprachbereich von 250 - 2500 Hz mit einem Hörverlust von 40 - 70 dB)
- Hochgradige Hörstörung (bei Verlusten von 70 dB und mehr)

Von den 45 untersuchten Kindern, deren Aufnahmen und Audiogramme ausgewertet wurden, hatten 15 Kinder reine Schallempfindungsstörungen und 26 kombinierte Schalleitungs-Schallempfindungsstörungen.

Die Audiogramme von 2 Kindern der ersten Gruppe (6 - 8 Jährige) waren ohne Knochenleitungskurve, so daß eine Einordnung nicht vorgenommen werden konnte. 2 weitere Kinder aus

der ersten Altersgruppe hatten ein praktisch normales Gehör mit Hörverlusten von 10 - 15 dB. Von den restlichen Kindern der ersten Gruppe hatten 3 kombinierte Schalleitungs-Schallempfindungsstörungen (alle mittleren Grades) und 5 Schallempfindungsstörungen (1 leichte, 3 mittlere, 1 schwere).

Von den 14 Kindern der zweiten Altersgruppe (9 - 11 Jährige) hatten 8 eine kombinierte Schalleitungs-Schallempfindungsstörung, die in allen Fällen hochgradig war. 6 Kinder hatten eine Schallempfindungsschwerhörigkeit (Innenohrschwerhörigkeit), davon je die Hälfte mittel- bzw. hochgradig.

Die Audiogramme der dritten Altersgruppe (13 - 16 Jährige, 19 Versuchspersonen) ergaben 15 kombinierte Schalleitungs-Schallempfindungsstörungen, von denen 3 mittleren Grades waren; die übrigen 12 Kinder hatten hochgradige Hörstörungen bzw. waren taub. 4 weitere Kinder hatten eine Innenohrschwerhörigkeit (2 mittlere, 2 schwere).

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht:

	Schallempfindungsstörungen (Innenohrschwerhörigkeit)	Kombinierte Schalleitungs-Schallempfindungsstörungen	
Gruppe 1: 12 VP, 6 - 8 Jährige	5 (1 leichte, 3 mittlere, 1 schwere)	3 (mittlere)	2 mit normalem Gehör, 2 ohne Knochenleitungsaudiogramm
Gruppe 2: 14 VP, 9 - 11 Jährige	6 (3 mittlere, 3 schwere)	8 (schwere; praktisch taube Kinder)	
Gruppe 3: 19 VP, 13 - 16 Jährige	4 (2 mittlere, 2 schwere)	15 (12 schwere; praktisch taube Kinder; 3 mittlere)	

D. ERGEBNISSE

Die Auswertung der Sonagramme des Testsatzes brachte folgende Ergebnisse:

I. Kinder, die schwerhörig oder resthörig sind, erleiden einen Verlust von hohen Frequenzen in der Sprache, die das Sonagramm aufzeigt. Dieser Verlust von Frequenzanteilen erstreckt sich vor allem auf den Bereich über 5000 Hz. Dies gilt besonders für Kinder der Alterstufe von 7 - 8 Jahren, bei Schwerhörigen der Altersgruppe der 9 - 11 und 13 - 16 Jährigen ist dieser Zusammenhang nicht so eindeutig. Sonagramme, die von den untersuchten Schwerhörigen angefertigt wurden, zeigen den sog. "Dämpfungstyp". Darunter versteht man eine Verstärkung des Grundtones und der tiefen Frequenzen bei Fehlen oder nur angedeuteter Darstellung der hohen Frequenzen im Sonagramm (Abb. 11 und 13). Es kommt zu einem Abbau des Gesamtspektrums der Sprache. Die Zahl der Formanten ist durch die Begrenzung des oberen Frequenzbereiches eingeschränkt. Da das gehörgeschädigte Kind über diese Bereiche keine Information durch das Gehör zurückerhält (feed back), ist die Stimme weniger obertonreich.

Insgesamt ergibt sich ein sonagraphisches Bild, das durch den Abbau der hohen Frequenzanteile typische Merkmale aufweist. Dieses Bild war bei der Gruppe der jüngsten Kinder am deutlichsten ausgeprägt. Die bessere Darstellung speziell der höheren Frequenzen bei älteren Kindern ist offensichtlich ein Ergebnis der längeren Sprachschulung.

II. Kinder, deren Hörstörung hochgradig ausgebildet war oder die völlig taub waren, zeigten eine diffuse Verteilung aller Frequenzen von 80 - 8000 Hz (Abb. 19, 20, 22, 23, 24). Die spektrale Struktur von Sonagrammen dieser Kinder ist wenig differenziert, es waren kaum Konsonanten erkennbar, die die einzelnen Vokale voneinander abtrennten. Die Vokale untereinander zeigten sowohl im Frequenzaufbau als auch dem Gehöreindruck nach ein sehr ähnliches Bild. Die Formanten waren sehr weit ausgedehnt und wenig abgegrenzt.

Vergleichend läßt sich ein Teil der Kinder mit einem derartigen sonagraphischen Bild einem sog. "Resonanztyp" zuordnen, der durch eine Verstärkung sämtlicher Frequenzen gekennzeichnet ist (Abb. 19 und 20). Bei einzelnen Kindern zeigte sich auch ein Bild, das man eher dem "Dämpfungstyp" zuordnen kann. Insgesamt allerdings läßt sich der größere Teil der Kinder mit hochgradigen Hörstörungen auf Grund des Testsatzes weder einem "Resonanztyp" noch einem "Dämpfungstyp" eindeutig zuordnen.

Viele Vokale, auf die fast die gesamte spektrale Energie verteilt war, waren ineinander umgewandelt, so z. B. ö in o, e in ä, ü in u, ü in ä, a in ei. Im Vergleich mit Schwerhörigen ist die Sprache tauber Kinder natürlich wesentlich stärker behindert. Die Sprachmelodie klingt monoton, die Stimme ist oft unverständlich. Der rhythmische Akzent wird skandierend übertrieben. Die Lautbildung geht mit einem großen Kraftaufwand vor sich. Im Sonagramm sieht man neben der diffusen Verteilung der Formanten eine Verstärkung der Frequenzen an untypischen Stellen. Die dynamische Gliederung der Sprache ist geringer, was sich sonagraphisch in der verminderten Anzahl der Intensitätsintervalle ausdrückt.

Fast alle Kinder mit einem Hörverlust von über 70 dB benötigten für den Testsatz mehr als 2,4 sec. (Abb. 19, 20, 22, 23, 24). Die stark verlängerte Sprechzeit, oft auf über das Doppelte, ist im Sonagramm recht gut zu sehen an den sehr langgezogenen, breiten Vokalen mit wenig abgegrenzten Formanten diffuser Schwärzung.

Wenn Gehörlose im Sonagramm mehr und höhere Frequenzen im Vergleich zu schwerhörigen oder normalhörenden Kindern aufweisen, dies gilt vor allem für den Resonanztyp, so bedeutet dies natürlich kein besseres Sprachvermögen. Vielmehr besitzen diese Frequenzen einen geringen Informationswert. III. Beim Vergleich der Vokale mit den Konsonanten läßt sich feststellen, daß die Vokale weit besser zu Darstellung kamen und auch subjektiv besser hörbar waren. Die Intensität der Sprache ist also einseitig auf die Vokale ausgerichtet und

zwar um so mehr, je geringer das Restgehör war (Abb. 19 bis 24).

Insbesondere das S-Spektrum, vor allem am Schluß des Testsatzes in dem Wort "weiß", ist selten im Sonagramm vorhanden, und wenn, dann nur eingeschränkt sowohl in seiner Intensität als auch in seiner Ausdehnung. Es ist nach oben meist auf 5000 Hz beschränkt, während sich im normalen Spektrum die Frequenzen des S auf weit über 8000 Hz ausdehnen (stimmloses S). Das gleiche gilt, wenn auch etwas eingeschränkt, für das stimmhafte S in dem Wörtchen "das".

Einige Sonagramme zeigen auch eine Umwandlung des S-Spektrums in ein Frequenzbild wie es der stimmlose Explosivlaut t zeigt. Dessen Aufbau besteht aus einer schmalen Zacke, die sich von 2000 bis 8000 Hz erstreckt. In der amerikanischen Literatur bezeichnet man ein solches spektrographisches Bild als "spike". Auch andere Explosivlaute wie z. B. g drücken sich als "spike" aus. Der aus dem breiten S-Spektrum in eine schmale Zacke umgewandelte Laut ist allerdings nicht so hoch, sondern auf höchstens 5000 Hz begrenzt.

In unserem Testsatz kamen folgende, sonst relativ gut zu sehende Konsonanten nicht oder nur abgeschwächt zur Darstellung: d in "das", g, ck, ch in "Maiglöckchen", b und t in "blüht". Das fehlende oder umgewandelte Spektrum für s habe ich bereits erwähnt.

Viele Konsonanten sind auch ineinander umgewandelt, so z. B. w in f oder b, m in d oder b, g in d, t in f oder d, l in n oder r, s in n, ch oder t. Der Hintergaumenlaut ch ist oft weder zu sehen noch zu hören (aus "Maiglöckchen" wird "Maiglöckel"). Auch der Verschlußlaut k ist öfters umgewandelt oder fehlt völlig.

Ein Grund für die Umwandlung vieler Konsonanten ineinander liegt darin, daß sie durch hohe Frequenzen gekennzeichnet sind, und deshalb beim Verlust der hohen Frequenzanteile im Hörvermögen diese Laute nicht mehr voneinander unterschieden werden können.

IV. Etliche Versuchspersonen konnten auch keine konstante Lautstärke einhalten; insbesondere zum Schluß hin wurde die Stimme entweder lauter oder leiser. Die Verstärkung der Stimme, die sonagraphisch durch eine vermehrte Schwärzung auffällt, trat auch bei Silben auf, die sonst nicht betont werden. In unserem Testsatz galt dies für die Silbe "chen" in "Maiglöckchen". Diese Silbe wurde oft mit vermehrter Anstrengung gesprochen.

Auch die Tonhöhe stieg bei stärker behinderten Kindern am Schluß des Satzes oft an und wurde zusätzlich lauter. Manchmal lag die Sprechtonhöhe nicht nur bei einzelnen Silben am Schluß, sondern während des ganzen Satzes auf einer unnatürlichen Höhe.

V. Fast die Hälfte der untersuchten Kinder, nämlich 46,6 %, schafften den Testsatz nicht in der erforderlichen Zeit von 2,4 sec, so daß die Aufnahme in zwei Abschnitten geschrieben werden mußte. Die Einübung des Satzes erfolgte, wie bereits erwähnt, allerdings nur insoweit, als sie zu Erreichung einer bestimmten Lautstärke zur Aussteuerung des Magnetbandgerätes nötig war, also ohne Artikulationsübungen. Drei Versuchspersonen benötigten sogar noch länger, so daß pro Satz drei Sonagramme angefertigt werden mußten (Abb. 22 bis 28). Es erscheint einleuchtend, daß es vor allem die tauben bzw. hochgradig hörgeschädigten Kinder waren, die eine verlängerte Sprechdauer hatten. Allerdings gab es auch hier Ausnahmen, d. h. Kinder, mit vergleichsweise geringen Hörverlusten, die lange Zeit benötigten und Kinder, die taub waren, und trotzdem eine kaum verlängerte Sprechzeit hatten (Abb. 26).

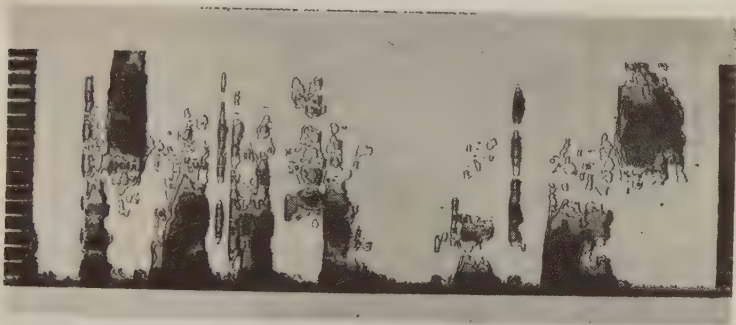
Es spielen also noch andere Parameter als der Hörverlust eine Rolle, vor allem das Alter, die Zeitdauer und der Beginn einer Sprachschulung, aber auch die Intelligenz eines Kindes. Dies gilt natürlich nicht nur für den zeitlichen Ablauf, sondern ebenso für das gesamte Sprachvermögen und die Sprachstruktur im Sonagramm.

VI. Auf vielen Sonagrammen lassen sich Atemgeräusche feststellen, da die Atmung von gehörgeschädigten Kindern vielfach sehr geräuschartig ist und zu oft erfolgt.

VII. Bei sieben Kindern, deren Audiogramm durch einen geringen Hörverlust bis 1000 Hz ausgezeichnet war, und deren Hörvermögen ab 1000 Hz mehr oder weniger steil abfiel (Mittel- und Hochtonverlust), war die Verständlichkeit der Sprache nur wenig eingeschränkt. Mit Ausnahme des S-Spektrums waren auch die Konsonanten recht gut ausgebildet, auch im oberen Frequenzbereich (Abb. 17).

E. DISKUSSION

Die nachfolgenden Beispiele sollen die Ergebnisse erläutern. Dazu wurde ein Vergleichssonagramm des Testsatzes, der im gleichen Raum aufgenommen wurde, den Sonagrammen der gehör-geschädigten Kinder vorangestellt.



DA S MA IGL Ö CKCH EN

BLÜ T WEI SS

Abb. 9: Vergleichssonagramm

Das abgebildete Sonagramm zeigt ein differenziertes Klangbild. Die Explosivlaute D, G, K, B und T sind gut zu sehen. D, G und T lassen einen sogenannten "spike" erkennen. Die beiden S-Spektren sind ebenfalls vorhanden. Ihr Frequenzbereich erstreckt sich von 3500 Hz bis mindestens 8000 Hz. Die Nasenlaute M und N stellen sich angedeutet in der Grundfrequenz dar. Auch die Vokale sind mit ihren Formanten deutlich dargestellt. Die sieben Intensitätsintervalle sind ebenfalls zu erkennen.

Atlas - Audiogramm

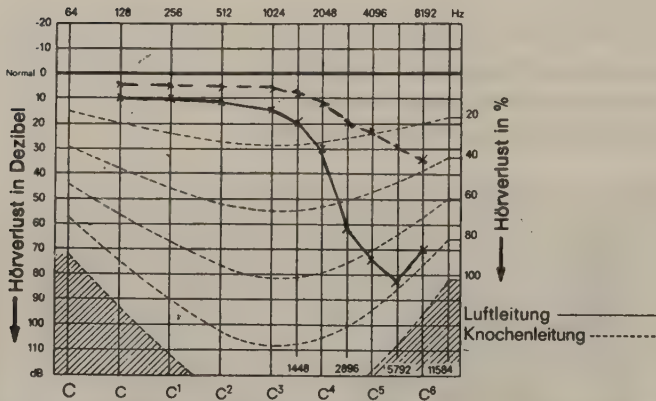


Abb. 10: Audiogramm: Günter S.; kombinierte Schalleitungs-
Schallempfindungsstörung ab c⁴ (2048 Hz)



D A S M A I GL Ö CKCH EN BL Ü T W E I S S
Abb. 11: Sonagramm: Günter S.; 7,9 Jahre

Verstärkter Grundton bei Fehlen bzw. nur angedeuteter Darstellung der hohen Frequenzen (Dämpfungstyp); völliger Abbau der hohen Frequenzen, nur geringe Intensität mittlerer Frequenzen (1500 - 5000 Hz); die Konsonanten D, S, G, K, CH, B und T sind nur angedeutet. Das S-Spektrum am Schluß ist sowohl in der Ausdehnung als auch in der Intensität eingeschränkt. Die Vokale sind wenig obertonreich. Insgesamt ergibt sich ein wenig differenziertes, typisches Bild.

Atlas - Audiogramm

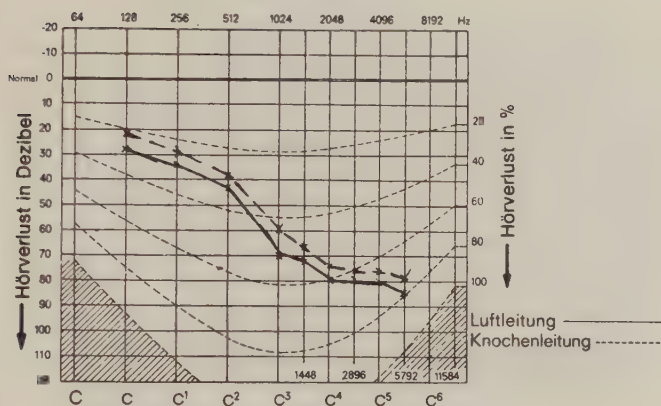
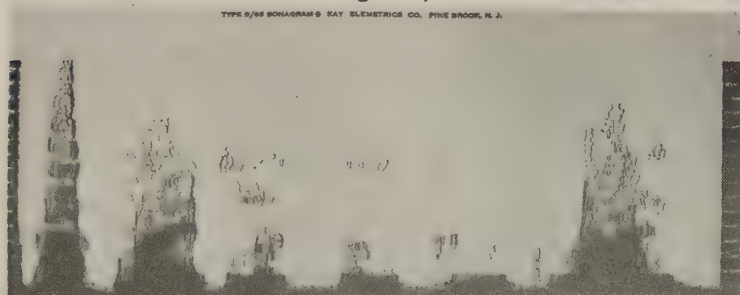


Abb. 12: Audiogramm: Michael S.; Schallempfindungsstörung (Innenohrschwerhörigkeit) mittleren Grades



DA SM AI GL Ö CKCH E N BL Ü T W EI SS
Abb. 13: Sonagramm: Michael S.; 8,1 Jahre

Nahezu völliges Fehlen der Konsonantenstruktur, einschließlich des S-Spektrums; die Vokale Ö, E und Ü sind nur in der Grundfrequenz vorhanden (Dämpfungstyp). Eine dynamische Gliederung ist nur in den unteren Frequenzanteilen voll ausgeprägt. Der mittlere und hohe Frequenzbereich ist wenig aussagekräftig. Die Gesamtstruktur ist wenig gegliedert.

Atlas - Audiogramm

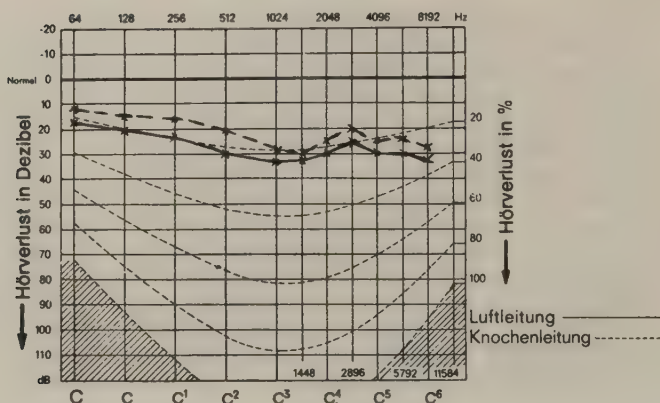
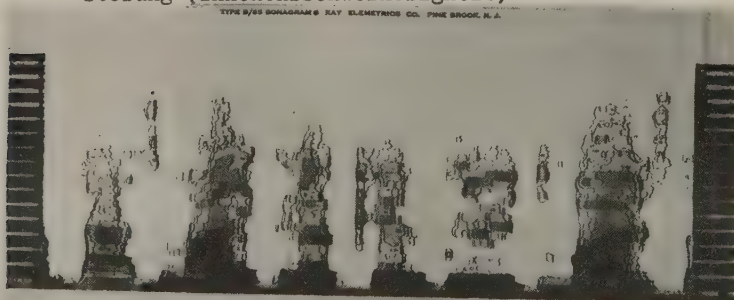


Abb. 14: Audiogramm: Achim B.; leichte Schallempfindungsstörung (Innenohrschwerhörigkeit)



D A S M A I G L Ö C K C H E N B L Ü T W E I S S

Abb. 15: Sonagramm: Achim B.; 7,6 Jahre

Abbau des Gesamtspektrums auf ca. 5000 Hz (Dämpfungstyp); eingeschränkte Dynamik des mittleren Frequenzbereiches; das S-Spektrum ist nur angedeutet und stark eingeschränkt. Das gleiche gilt auch für die anderen Konsonanten. Der subjektive Höreindruck erscheint recht gut (nur geringe Hörstörung - siehe Audiogramm).

Atlas - Audiogramm

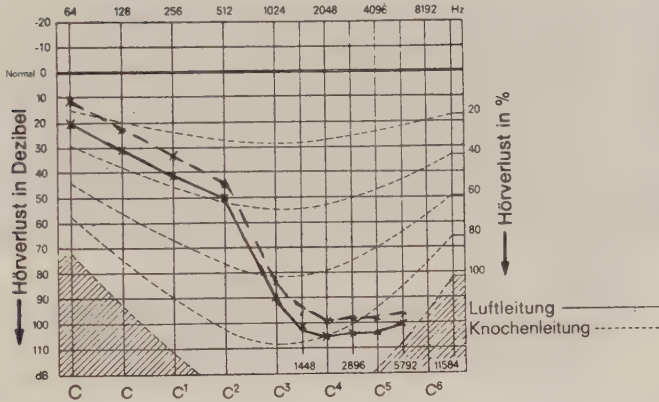
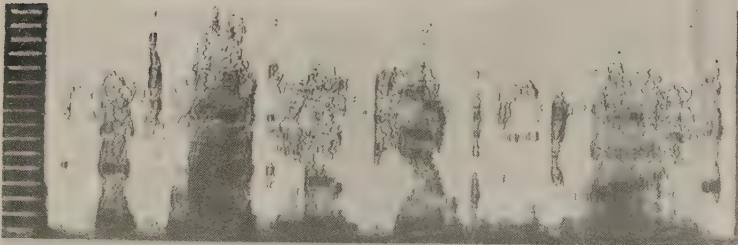


Abb. 16: Audiogramm: Manfred B.; leichte Innenohrschwerhörigkeit im unteren Frequenzbereich; im mittleren und höheren Bereich ab c² hochgradige Störung (512 Hz)

TYPE B, AS SONOGRAM R RAY ELECTRONICS CO. FINE BROOK, N. J.



DA S M AI GL Ö CKCH EN BL Ü TW EI SS
Abb. 17: Sonogramm: Manfred B.; 8,1 Jahre

Relativ gut differenziertes Klangspektrum angesichts der hochgradigen Schallempfindungsstörung ab 500 Hz; Abbau des Spektrums auf 6000 Hz; die Vokale (besonders AI und EI) sind etwas in die Breite gezogen. Das S-Spektrum ist nur angedeutet bzw. dem T-Spektrum angeglichen. Beschränkung der "spikes" (B,T) auf 5000 Hz; geringe Behinderung.

Atlas - Audiogramm

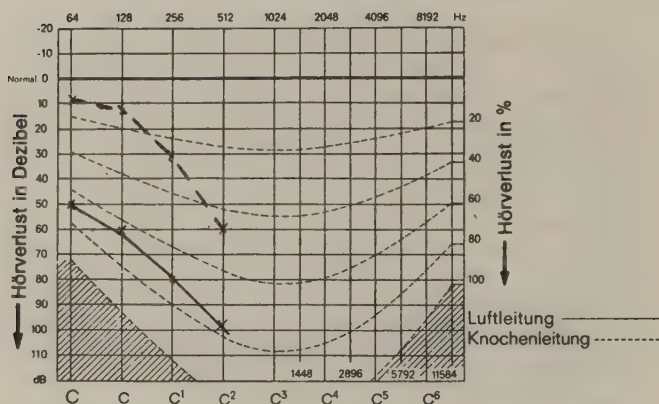


Abb. 18: Audiogramm: Sabine G.; hochgradige kombinierte Schalleitungs-Schallempfindungsstörung

TYPE 9/55 SONAGRAM © KAY ELECTRONICS CO. PINE BROOK, N. A.

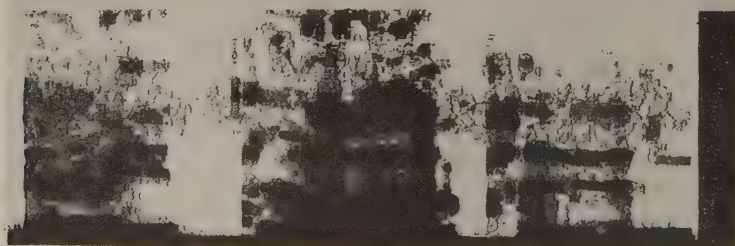


Abb. 19: Sonagramm: Sabine G.; 10,6 Jahre
erster Teil



Abb. 20: Sonagramm: Sabine G.;
zweiter Teil

Die Analyse des Testsatzes erfolgte in zwei Teilen. Das Sonagramm zeigt eine schwere Sprachbehinderung. Es ist keine Konsonantenstruktur erkennbar. Die Sprachintensität ist nur auf die Vokale verteilt, die einander sehr ähnlich klingen. Das Ö ist in O und das Ü in U umgewandelt. Die Vokale sind stark verbreitert und erstrecken sich in hohe Frequenzbereiche. Man erkennt eine Verstärkung sämtlicher Frequenzen, es handelt sich also um einen sog. Resonanztyp. Eine sonagraphische Differenzierung der Laute ist kaum mehr möglich. Die Atmung ist geräuschvoll und gepreßt. Die Ursache der Hörschädigung ist ein Thalidomid-Schaden (Contergan).

Atlas - Audiogramm

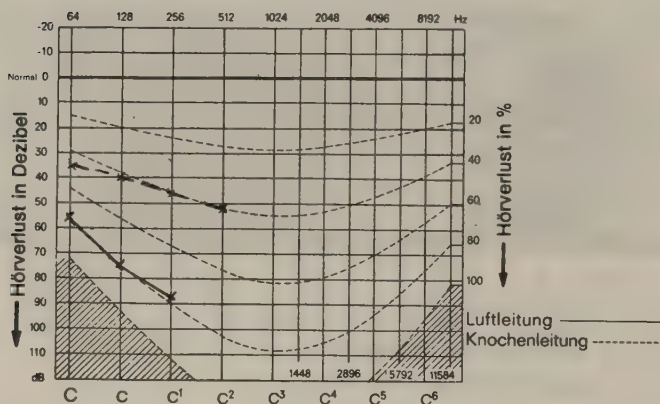


Abb. 21: Audiogramm: Gerlinde F.; hochgradige kombinierte Schalleitungs-Schallempfindungsstörung

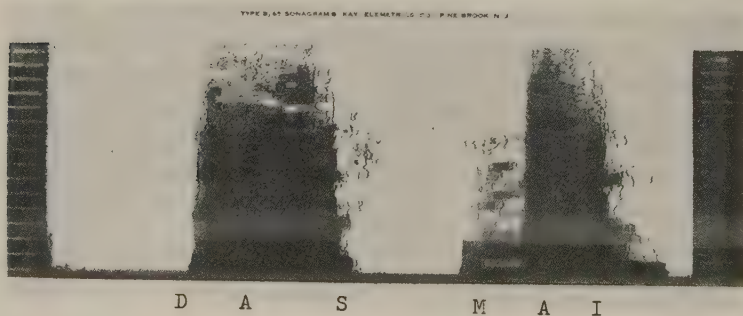
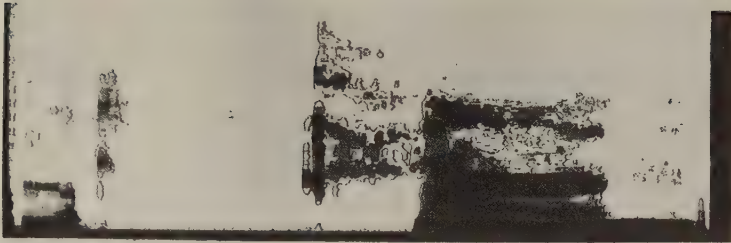


Abb. 22: Sonagramm: Gerlinde F.; 9,4 Jahre
erster Teil :



GL Ö CK CH E N

Abb. 23: Sonagramm: Gerlinde F.; zweiter Teil



BL Ü T W EI SS

Abb. 24: Sonagramm: Gerlinde F.; dritter Teil

Schwere Sprachbehinderung des Kindes; der Testsatz wurde in drei Teilen gesprochen. Die Konsonanten sind kaum erkennbar. Auf die zeitlich stark gedehnten Vokale ist die gesamte Intensität verteilt. Die Silbe "chen" ist in "chän" umgewandelt. Im ersten Teil des Satzes (Abb. 22) Verstärkung der Frequenzen; im zweiten und dritten Teil (Abb. 23 und 24) ist eine Dämpfung der oberen Frequenzen zu sehen.

Atlas - Audiogramm

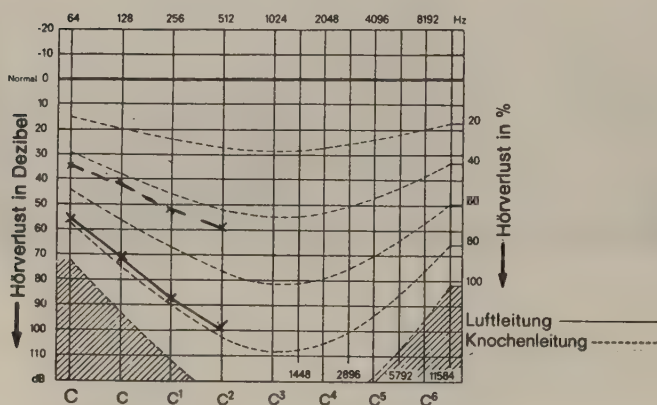


Abb. 25: Audiogramm: Ludwig D.; hochgradige kombinierte Schalleitungs-Schallempfindungsstörung



D A S M A I G L Ö C K C H E N B L Ü T W E I S S

Abb. 26: Sonagramm: Ludwig D.; 16 Jahre

Trotz der Taubheit ergibt sich ein vergleichsweise gutes Spektrum. Das S-Spektrum ist vorhanden, die Explosivlaute D, B und T fehlen. Gute Verständlichkeit; der Sprecher ist ein sehr guter Schüler.



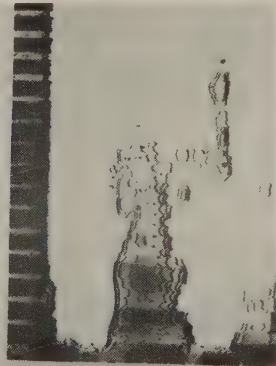
WE I SS

DA S

Abb. 27 und 28: Beispiele für einen normalen S-Laut in "weiß" (linkes Sonagramm) und "das" (rechtes Sonagramm)



BL Ü TWE I SS

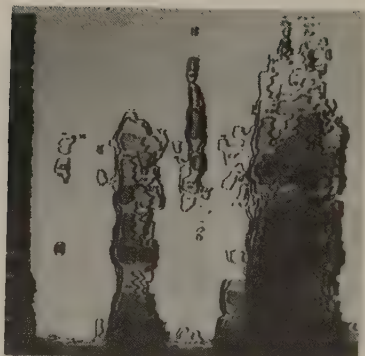


DA S

Abb. 29 und 30: Der S-Laut ist auf das Spektrum des T-Lautes verkürzt (Siehe T in "blüht"). Das rechte Sonagramm zeigt die Verkürzung im Wort "das".

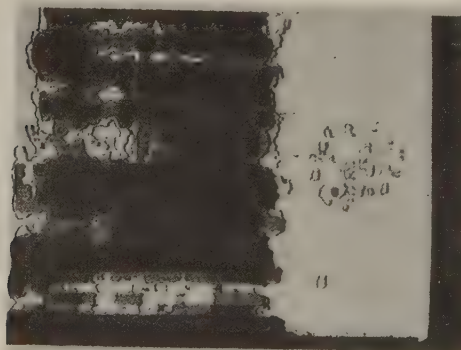


M A I



M A I

Abb. 31 und 32 zeigen den Laut AI in "Mai", wie er sich normalerweise darstellt, d. h. als "offene Schere"



M A I



M A I

Abb. 33 und 34 stellen einen pathologischen AI-Laut dar, dessen Formantfrequenzen sich beim Übergang von A auf I nicht ändern, sondern auf der gleichen Höhe bleiben. Das linke Sonagramm weist zusätzlich eine zeitliche Dehnung auf das Doppelte auf.

II. VERGLEICH MIT ANDEREN ERGEBNISSEN AUS DER LITERATUR

Während BÖHME bei seinen frequenzanalytischen Untersuchungen dysarthrischer Sprachstörungen infolge infantiler Zerebralaparesen feststellte, daß sowohl der Dämpfungstyp als auch der Resonanztyp in gleicher Häufigkeit auftraten, weitgehend unabhängig von den verschiedenen Formen der Dysarthrie, kann man bei Gehörgeschädigten also eine gewisse Zuordnung des Dämpfungstypes zu den schwerhörigen Kindern vornehmen. Nicht ganz so eindeutig ist die Lage bei tauben Kindern, von denen ein Teil dem Resonanztyp, ein Teil dem Dämpfungstyp und viele sich überhaupt nicht in ein Schema einordnen lassen. SEEMAN teilt die Veränderungen der Stimmstärke in eine Makrophonie und in eine Mikrophonie. Die laute Intonation - die Makrophonie - kann klinisch und sonographisch in etwa mit dem Resonanztyp und die leise Intonation - die Mikrophonie - mit dem Dämpfungstyp verglichen werden. (BÖHME)

Interessante Vergleiche läßt die Sprache von Gehörgeschädigten auch mit den verschiedenen Formen des Näsels zu. Beim Näseln kann man sonographisch folgende Befunde ermitteln (BAUER): Offen nasalisierte Vokale zeigen gegenüber normalen Vokalen im Klangspektrum eine Verminderung der Intensität des ersten, bei Defekten des harten Gaumen oft auch des zweiten Formanten. Die Verbreiterung der Formanten und das Auftreten neuer intensiver Resonanzen bedingen eine Verteilung der akustischen Energie über breitere Formantbereiche.

Ähnliche Ergebnisse (Verbreiterung der Formanten, Auftreten neuer intensiver Resonanzen) lassen sich, wie bereits erwähnt, auch bei Schwerhörigen und Gehörlosen nachweisen.

Beim offenen Näseln sind die Intensitätsanstiege bei den Explosivlauten verringert und abgeflacht. Sehr wesentliche Veränderungen weisen die Frequenzgänge der Formanten auf, wobei dem zweiten Formanten besondere Bedeutung zukommt. Diese Frequenzverläufe sind beim offenen Näseln durchweg eingeengt. Schwerere Grade der Sprachstörung lassen oft während eines gesprochenen Satzes keine nennenswerten Änderungen der For-

mantfrequenzen erkennen.

Diese schwereren Grade der Sprachstörungen, BAUER bezieht sich hier auf Oberkieferresektionen, mit geringen Änderungen der Formantfrequenzen, also eine Angleichung der Laute untereinander, stimmen mit den Sprachstörungen besonders von Gehörlosen überein, deren Sprachlaute sowohl akustisch wie sonographisch einander gleichen.

Die Ergebnisse der Untersuchung bestätigen auch die Feststellung SHIBANO's, daß die Verständlichkeit der Sprache fast immer parallel mit dem Hörverlust, der Zeit der Erziehung, dem Sprach- und Lesevermögen, verlaufen.

Die bei Gehörlosen auftretende Vereinheitlichung der Vokale, die im sonographischen Bild deutlich zum Ausdruck kommt, erklärt LINDNER dadurch, daß beim Absehen von den Lippen, die Dauer der Vokale nicht oder nur unvollständig erfaßbar ist. Für den Gehörlosen hat das Schriftbild weit größere Bedeutung als für den Normalhörenden; denn es ist im Gegensatz zum mehrdeutigen und flüchtigen Absehbild in der Buchstabenfolge eindeutig und in der Erscheinung konstant. Aber das Schriftbild enthält keine Hinweise für die temporale Gliederung der Rede. Jeder Buchstabe ist in der Schrift gleichgewichtig. Eine Unterscheidung in lange und kurze Vokale, wichtige und nebensächliche Silben weist die Schrift nicht auf. Es ist daher nicht verwunderlich, daß man bei den Gehörlosen diese Merkmale der gleichmäßigen Wertung aller sprachlichen Elemente wiederfindet. Aus diesem Grunde wird die Silbe "chen" in unserem Testsatz genauso betont wie alle übrigen Silben und in ein langgezogenes "chän" verwandelt.

Die Feststellungen von LINDNER über den zeitlichen Ablauf der Sprechweise bei Gehörlosen lassen sich im Sonagramm gut überprüfen. Die Vokale sind bei den Gehörlosen 2 bis 3mal so lange wie bei Normalhörenden, während trotz des langsamen Sprechtempos die Konsonanten nur unwesentlich verlängert ausgesprochen werden. Dadurch ist das Verhältnis zwischen Vokalen und Konsonanten gegenüber den Normalhörenden vergrößert.

III. KRITIK DER ERGEBNISSE

Eine Mittelwertrechnung ist bei dieser Arbeit nicht sinnvoll, da die Untersuchung mehr qualitativer als quantitativer Art war. Für eine quantitative Auswertung der Reliefdiagramme stellt sich das Problem der metrischen Erfassung der Intensitätsfelder, die nur sehr grob erfolgen kann. Eine reine Frequenzmessung ist für diese Diagramme nicht zweckmäßig, da durch die besondere Art der Aufzeichnung Felder geschaffen werden, die durch ihre Ausdehnung sehr viele gemeinsame Punkte aufweisen.

Das Sprachvermögen der Versuchspersonen beruhte zudem auf sehr unterschiedlichem Restgehör, unterschiedlicher vorausgegangener Schulung und Betreuung sowohl von seiten der Eltern als auch der Schule. Weiterhin ist die Zahl der Versuchspersonen in den einzelnen Altersstufen, die ja getrennt statistisch analysiert werden müßten, viel zu klein. Weitere relevante Faktoren wie der Zeitpunkt der Ertaubung, die Intelligenz eines Kindes und andere Behinderungen müßten zusätzlich berücksichtigt werden. In vielen Fällen war zudem die Ursache der Schwerhörigkeit unbekannt. Aus all diesen Gründen wäre eine quantitative Analyse zu unsicher und würde zu Fehlschlüssen verleiten.

Insgesamt läßt sich sagen, daß das Sonagramm bereits fehlende Frequenzen, Formanten und Konsonantenstrukturen erkennen ließ, obwohl der subjektive Gehöreindruck noch recht gut erschien. Hinzu kommt, daß die Sprachverständlichkeit eines auch nur kurz geübten Testsatzes höher liegt als die Sprachverständlichkeit einer normalen Unterhaltung im Alltag. Die Aufnahme und Analyse eines Einheitssatzes erlaubt deshalb noch keine unangreifbaren Rückschlüsse auf die allgemeine Verständlichkeit der Sprache und des Ausdrucks. Ein Standartsatz ist aber aus Vergleichsgründen notwendig, da nur er eine gewisse Objektivierung erlaubt. Die allgemeine Verständlichkeit zu analysieren, würde mit sonographischen Mitteln zu weit führen, solange aus technischen Gründen die Zeitdauer

auf wenige Sekunden beschränkt ist.

Die Sonagraphie der Sprache gehörgeschädigter Kinder erlaubt eine Objektivierung vieler bisher weitgehend subjektiver Erkenntnisse dieser Sprache. Sie liefert zudem leichter vergleichbare und faßbare Befunde anhand der Sonagramme. Auch die Dauer der verschiedenen Laute ist genau ausmeßbar; ebenso bei Standartvergleichssätzen die Lage und eventuelle Verschiebung der Formanten.

F. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit sonagraphischen Untersuchungen der Sprache gehörgeschädigter Kinder. Es wurden die Sprachaufnahmen von 48 Kindern einer Gehörlosenschule frequenzanalytisch untersucht. Der Testsatz lautete: "Das Mai-glöckchen blüht weiß." Die Kinder waren 7 bis 16 Jahre alt, 21 Jungen und 27 Mädchen. Sie hatten ein stark unterschiedliches Restgehör.

In der Versuchsanordnung wurde darauf geachtet, die Fehlerquelle möglichst gering zu halten (gleicher Sprachpegel, einheitlicher Mikrophonabstand, schallarmer Aufnahmeraum). Die Analyse der angefertigten Sonagramme zeigte folgende Ergebnisse:

- I. Schwerhörige Kinder erleiden einen Verlust von hohen Frequenzen in ihrer Sprache. Dieser Verlust erstreckt sich besonders auf den Bereich über 5000 Hz. Dies gilt vor allem für Kinder der Altersstufe von 7 - 8 Jahren. Bei älteren Kindern ist dieser Zusammenhang nicht so eindeutig. Die Sonagramme der untersuchten Schwerhörigen zeigen den sog. Dämpfungstyp (Verstärkung des Grundtones, Fehlen oder sehr schwache Intensität der hohen Frequenzen). Die Zahl der Formanten ist eingeschränkt durch die Begrenzung des oberen Frequenzbereiches. Allerdings liegen hier, namentlich für die Vokale, ohnehin keine wichtigen Formantbereiche mehr.
- II. Kinder, deren Hörstörung hochgradig ausgebildet ist,

zeigen eine diffuse Verteilung aller Frequenzen von 80 - 8000 Hz. Die spektrale Struktur ist weniger differenziert als bei Vergleichskindern, es sind kaum Konsonanten erkennbar. Die verschiedenen Vokale vermitteln sowohl im Frequenzaufbau als auch dem Gehöreindruck nach ein sehr ähnliches Bild. Ein Teil läßt sich einem sog. Resonanztyp (Verstärkung sämtlicher Frequenzen) zuordnen, ein Teil dem Dämpfungstyp, der größere Teil ist in dieser Richtung nicht eindeutig zu charakterisieren.

III. Von den Konsonanten ist vor allem das S-Spektrum in seiner Intensität und Ausdehnung eingeschränkt. In vielen Fällen ist es auf das Spektrum des T-Lautes verkürzt. Auch andere Konsonanten sind umgewandelt oder sie fehlen überhaupt.

IV. In einigen Fällen wird keine konstante Lautstärke eingehalten oder die Tonhöhe ist zu hoch. Dies betrifft teils den ganzen Satz teils nur einzelne Silben.

V. Die meisten Kinder mit einem Hörverlust von über 70 dB benötigten trotz vorausgegangener Übungszeit mehr als 2,4 sec, so daß der Testsatz in mehreren Teilen analysiert werden mußte. Allerdings waren auch hier Ausnahmen zu beobachten, also gehörlose Kinder mit kaum verlängerter Sprechzeit und Kinder mit geringen Hörschäden und stark verlängerter Sprechdauer.

VI. Bei sieben Kindern, deren Hörverlust bis 1000 Hz nur gering war und deren Hörvermögen in den hohen Frequenzen steil abfiel, war die Verständlichkeit der Sprache subjektiv kaum eingeschränkt.

VII. Allgemein war festzustellen, daß für das Sprachvermögen noch andere Parameter als der Hörverlust eine Rolle spielen, vor allem das Alter, die Zeitdauer und der Beginn einer Sprachschulung ebenso die Intelligenz eines Kindes.

Herrn Prof. Dr. G. Kittel gilt mein Dank für die freundliche Überlassung des Themas, für die wertvollen Hinweise und die Unterstützung, die mir bei der Ausführung der Arbeit zuteil wurden.

Auch danke ich Herrn Dipl.-Ing. M. Moser, sowie dem Leiter der Gehörlosenschule Nürnberg, Herrn Direktor Apitzsch, allen Lehrern und Angestellten der Schule und den Kindern, die mir bei dieser Arbeit behilflich waren.

H. LITERATURVERZEICHNIS

- 1) BAUER, H.,
ELTAWIL A. H.: Erbllicher Subtotaldefekt des weichen Gaumens mit klanganalytischen Untersuchungen des offenen Näsels. Fortschritte der Medizin, 83, 249 - 252, (1965)
- 2) BAUER, H.: Klanganalytische Untersuchungen fortlaufender sprachlicher Signale bei den verschiedenen Formen des Näsels. Fortschritte der Medizin, 83, 409 - 413, (1965)
- 3) BAUER, H.: Phoniatriischer Beitrag zum Cri-du-chat-Syndrom. HNO, 16, 185 - 187, (1968)
- 4) BAUER, H.: Eine neue Methode zur logopädischen Therapie der Rhinolalia aperta. Folia phoniatica, 21, 426 - 432, (1969)
- 5) BAUER, H.: Klinik der Sprachstörungen in BIESALSKI P. et al.: Phoniatrie und Pädaudiologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1973
- 6) BAUER, H.: Klinik der Stimmstörungen in BIESALSKI P. et al.: Phoniatrie und Pädaudiologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1973
- 7) BECKMANN, G.: Hörstörungen im Kindesalter in BIESALSKI P. et al.: Phoniatrie und Pädaudiologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1973
- 8) BERG, VAN DEN, J.: Modern Research in Experimental Phoniatrics, Fol phon. 14 (1962)
- 9) BERRY, M. F.,
EISENSEN, J.: Speech Disorders, zitiert nach SIEGERT C. in BIESALSKI et al.: Phoniatrie und Pädaudiologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1973

- 10) BIESALSKI, P.,
BÖHME, G.,
FRANK, F.,
LUCHSINGER, R.:
Phoniatrie und Pädaudiologie.
Georg Thieme Verlag,
Stuttgart 1973
- 11) BIESALSKI, P.:
Hörstörungen im Kindesalter, Therapie und Förderung, in BIESALSKI et al.: Phoniatrie und Pädaudiologie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1973
- 12) BOENNINGHAUS, H. G.:
Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde.
Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1970
- 13) BÖHME, G.:
Stimm-, Sprach- und Hörstörungen als Folge frühkindlicher Hirnschädigungen, Fol. phon. 15, 189 - 200, (1963)
- 14) BÖHME, G.:
Frequenzanalytische Untersuchungen dysarthrischer Sprachstörungen infolge infantiler Zerebralpareesen. Fol. phon. 18, 293 - 302, (1966)
- 15) BÖHME, G.:
Stimm-, Sprach- und Hörstörungen. Ätiologie, Diagnostik, Therapie. VEB G. Fischer, Jena 1969
- 16) BÖHME, G.:
Untersuchungsmethoden der Stimme und Sprache. Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1972
- 17) BORDONE-SACERDOTE, C.,
RIGHINI, G. U.:
An Acoustical Approach to the Study of Phoniation in Parkinson's Disease. Acustica 23, S. 276, (1972)
- 18) BRUNNER, H.,
FRÜHWALD, V.:
zitiert nach LUCHSINGER R./ARNOLD G. E.: Lehrbuch der Stimm- und Sprachheilkunde, Springer Verlag, Wien 1959, 2. Auflage
- 19) DEDO, H. H.,
DUNKER, E.:
Husson's Theory. Arch. of Otolaryngology 85, 303 - 313, (1967)
- 20) DREES, J.:
Hör- und Sprachstörungen bei Schulkindern. Diss. Mainz 1968

- 21) DUNKER, E.,
SCHLOSSHAUER, B.: Zur Frage der Tonentstehung im Kehlkopf. Pflüger's Archiv 264, 561 - 572, (1957)
- 22) DUNKER, E.: Neuere Ergebnisse der Kehlkopfphysiologie. Fol. phon. 21, 161 - 178, (1969)
- 23) DUNKER, E.,
SCHLOSSHAUER, B.: Klinische und experimentelle Studien über Stimmlippenschwingungen. Archiv HNO 172, 363 - 380, (1958)
- 24) DUNKER, E.: Physiologie des Hörens II in GAUER, KRAMER, JUNG: Physiologie des Menschen Band 12, Verlag Urban und Schwarzenberg, München-Berlin-Wien, 1972
- 25) DUNN, H. K.: The Calculation of Vowel Resonances. The Journal of the Acoustical Society of America, 22, 740, (1950)
- 26) EGUCHI, S.,
TSURU, M.,
OGATA, H.: Speech Sound of the Deaf Children. Journ. oto-rhino-laryng. Soc. Jap, 67, 992 - 998, (1964), Jap. mit engl. Zusammenf.
- 27) EGUCHI, S.: The Intelligibility of Articulation solely through lip-reading in Deaf Children. Otolaryngology (Tokyo) 38, 371 - 375, (1966), Jap. mit engl. Zus.
- 28) ERMOLAEV,
MOROZOV,
PARASHINA: The Use of Spectral Analysis of Sound for Studying the Role of the Nasal Cavity in the Formation of Vocal Sounds. Vest. Oto-rhino-laring. 26, 43 - 69, Russ. mit engl. Zusammenfassung
- 29) ESSEN, O. V.: Grundbegriffe der Phonetik, zitiert nach LUDEWIG, M.: Vergleich von Sprechstimmen mittels der Sonographie. Diss. München 1971
- 30) EWALD, K.: Sonographische Untersuchungen bei normaler Stimme und künstlich geschlossenem Naseln. Diss. Erlangen 1973
- 31) FANT, C. G. M.: Acoustic Theory of Speech Production s-Gravenhage 1960

- 32) FLANAGAN, J. L.: Speech Analysis, Synthesis and Perception. Band 3 von Kommunikation und Kybernetik, hrgg. von WOLTER, H. und KEIDEL, W. D.; Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1965
- 33) FLETCHER, H.: Speech and Hearing in Communication, New York 1953
- 34) FORCHHAMMER: zitiert nach LUCHSINGER, R./ARNOLD, G. E.: Lehrbuch der Stimm- und Sprachheilkunde, Springer Verlag, Wien 1959
- 35) FRANK, F.: Die Stimme vor und nach Laryngektomie im Sonagramm. Fol. phon. 18, 293 -302, (1966)
- 36) FRY, D. B.: Modifications to the Speech Audiometrie, 7th Int. Congress of Audiology, Int. Audiology 3, Nr. 2 (1964)
- 37) GLEASON, H. A.: An Introduction to descriptive Linguistics. Holt, Rine Hart and Winston, New York 1965
- 38) GREINER, G. F., Sonagraphische Untersuchungen von Stimm-
DILLENSCHNEIDER, E., störungen bei Kehlkopflähmungen. Rev.
LEVY, D.: Oto-Neuro-Ophthal. 38, 287 - 294, (1966)
- 39) HELMHOLTZ, H. V.: zitiert nach LUCHSINGER, R./ARNOLD, G. E.:
Lehrbuch der Stimm- und Sprachheilkunde,
Springer Verlag, Wien 1959
- 40) HERMANN: zitiert nach LUCHSINGER, R./ARNOLD,
G. E.: Lehrbuch der Stimm- und Sprach-
heilkunde, Springer Verlag, Wien 1959
- 41) HUSSON, R.: La voix chantée, Paris 1960, zitiert
nach DUNKER, E./SCHLOSSHAUER, B.: Klin-
ische und experimentelle Studien über
Stimmlippenschwankungen, Archiv HNO
172, 363 - 380, (1958)
- 42) HOLM, C.: Anatomische Grundlagen der Phoniatrie,
in BIESALSKI, P. et al.: Phoniatrie und
Pädaudiologie, Thieme Verlag 1973

- 43) KERSTA, L. G.: Voiceprint Identification. Nature 196, 1253 - 1257, (1962)
- 44) KERSTA, L. G.: Amplitude Cross-Section Representation with the Sound-Spektrograph. Journ. of Acoust. Soc. Am. 20, 796 - 801, (1948)
- 45) KITTEL, G.,
SALLER, K.: Ohrmißbildungen in Beziehung zu Thali-
domid. Z. Laryng. Rhin. 43, 470, (1964)
- 46) KITTEL, G.: Physiologische Grundlagen der Phonia-
trie in BIESALSKI, P. et al.: Phonia-
trie und Pädaudiologie, Thieme Verlag
1973
- 47) KITTEL, G.: Mißbildungen mit Hör-, Sprach- und
Stimmstörungen in BIESALSKI, P. et al.:
Phoniatrie und Pädaudiologie, Thieme
Verlag 1973
- 48) KOENIG, W.,
DUNN, H. K.,
LACY, L. Y.: The Sound Spektrograph. Journ. Acoust.
Soc. Am. 18, 19 - 49, (1946)
- 49) KOENIG, W.,
RUPPEL, A. E.: Quantitative Amplitude Representation
in Sound Spektrogramms. Journ. Acoust.
Soc. Am. 20, 787 - 795, (1948)
- 50) KOPP, G. A.,
GREEN, H. C.: Basic Phonetic Principles of Visible
Speech. Journ. Acoust. Soc. Am. 18,
74 - 89, (1946)
- 51) LANGENBECK, B.: Lehrbuch der praktischen Audiometrie.
Stuttgart 1963
- 52) LEVITT, H.: Acoustic and Perceptual Characteristics
of the Speech of Deaf Children. 83rd
Meeting Acoust. Soc. Am; Journ. Acoust.
Soc. Am. 52, 158, (1972)
- 53) LINDNER, G.: Über den zeitlichen Verlauf der Sprech-
weise bei Gehörlosen. Fol phon. 18,
293 - 302, (1966)
- 54) LINDNER, G.: Einführung in die experimentelle Pho-
netik, Max Hueber Verlag, München
1969

- 55) LOTTERMOSER, W.,
GRÜTZMACHER, M.: Über ein Verfahren zur trägheits-
freien Aufzeichnung von Melodiekur-
ven. Akust. Z. 242 - 248, (1937)
- 56) LUCHSINGER, R.,
ARNOLD, G. E.: Lehrbuch der Stimm- und Sprachheil-
kunde, Springer Verlag, Wien, 1959,
2. Auflage
- 57) LUDEWIG, M.: Vergleich von Sprechstimmen mittels
der Sonagraphie. Diss. München 1971
- 58) LULLIES, H.: Stimme und Sprache in GAUER, KRAMER,
JUNG: Physiologie des Menschen, Band
12, Verlag Urban und Schwarzenberg,
München, Berlin, Wien, 1972
- 59) LUTZ, F.: Beiträge zur automatischen Spracher-
kennung. Forschungsberichte des Insti-
tutes für Kommunikationsforschung und
Phonetik, Bonn, Buske Verlag Hamburg
1971
- 60) MADEBRINK: zitiert nach LUCHSINGER, R./ ARNOLD,
G. E.: Lehrbuch der Stimm- und Sprach-
heilkunde, Springer Verlag, Wien 1959
- 61) MALMBERG, B.: Structural Linguistics and Human Com-
munication. Band 2 von Kommunikation
und Kybernetik, hrgg. von WOLTER, H./
KEIDEL, W. D., Springer Verlag, Berlin-
Heidelberg-New York, 1967, 2. Auflage
- 62) MEYER-EPPLER, W.: Kommunikation und Kybernetik, Band 1,
Springer Verlag Berlin-Göttingen-
Heidelberg 1959
- 63) POTTER, R. K.,
KOPP, G. A.,
GREEN, H. C.: Visible Speech, D. van Nostrand,
Princeton, New Jersey, 1947
- 64) POTTER, R. K.,
PETERSON, G. E.: The Presentation of Vowels and their
Movements. Journ. Acoust. Soc. Am. 20,
528 - 535, (1948)
- 65) POTTER, R. K.,
STEINBERG, J. C.: Toward Specification of Speech. Journ.
Acoust. Soc. Am. 22, 810, (1950)

- 66) POTTER, S.: Modern Linguistics. London 1960
- 67) PRESTI, A. J.: High-Speed Sound Spektrograph. Journ. Acoust. Soc. Am. 40, 628 - 634, (1966)
- 68) PULGRAM, E.: Introduction to the Spektrography of Speech. Mouton & Co, s-Gravenhage 1959
- 69) ROTHMAN, H. B.: An Acoustic and Electromyographic Investigation of Consonant-Vowel Transitions in the Speech of Deaf Adults. 83rd Meeting Acoust. Soc. Am. Journ. Acoust. Soc. Am. 52, 159, (1972)
- 70) RUSKE, G.,
PAULUS, E.,
SCHRAG, R.
SCHOTOLA, T.: Die Wirksamkeit spektraler Merkmale bei der automatischen Erkennung gesprochener deutscher Konsonanten. Acustica 25, 220 - 227, (1971)
- 71) SAFRAN, A.: Vergleichende Untersuchung der Leistung der Normal-, Flüster- und Ösophagussprache sowie der Stimmprothese mit dem Sonagraph. Fol. phon. 23, 323 - 332, (1971)
- 72) SEDLACKOVA, E.: Analyse acoustique de la voix de nouveaux. Fol. phon. 16, 44 - 58, (1964)
- 73) SEEMAN, H.: zitiert nach BÖHME, G.: Frequenzanalytische Untersuchungen dysarthrischer Sprachstörungen infolge infantiler Zerebralparesen. Fol. phon. 18, 293 - 302, (1966)
- 74) SEYMOUR, J.: Acoustic Analyses of Singing Voices. Acustica 27, 203, (1972)
- 75) SIEGERT, C.: Entwicklung der Sprache und des Sprechens in BIESALSKI, P. et al.: Phoniatry und Pädaudiologie, Thieme Verlag, Stuttgart 1973
- 76) SOKOLOWSKY, R.: zitiert nach LUCHSINGER, R. /ARNOLD, G. E.: Lehrbuch der Stimm- und Sprachheilkunde, Springer Verlag, Wien 1959 2. Auflage

- 77) SHIBANO, T.: The Articulation Score of Deaf Children and Related Factors. Journ. oto-rhino-laryng. Soc. Jap. 66, 829 - 858, (1963), Jap. mit engl. Zusammenfassung
- 78) STEVENS, K. N., Perturbation of Vowel Articulations by Consonantal Context: An Acoustical Study. Journ. Speech Res. 6, 111 - 128, (1963)
- 79) STEVENS, K. N., Acoustic Description of Syllabic
HOUSE, A. S., Nuclei. Journ. Acoust. Soc. Am. 40,
PAUL: 126, (1966)
- 80) STEVENS, K. N., Speech Perception. Band 2 von Founda-
HOUSE, A. S.: tions of Modern Auditory Theory, hrsgg.
von TOBIAS, J. V.; Academic Press,
New York and London, 1971
- 81) STUMPF, C.: zitiert nach LUCHSINGER, R./ARNOLD,
G. E.: Lehrbuch der Stimm- und Sprach-
heilkunde. Springer Verlag, Wien 1959
- 82) TROJAN, F., The Decay of Articulation under the In-
KRYPTIN-EXNER, K.: fluence of Alcohol and Paraldehyde.
Fol. phon. 20, 217 - 231, (1968)
- 83) TROJAN, F.: Phonetik in BIESALSKI, P. et al.:
Phoniatrie und Pädaudiologie. Thieme
Verlag, Stuttgart 1973
- 84) WALLACE, D. J., Acoustic Mapping within the Heart.
BROWN, J. R., Journ. Acoust. Soc. Am. 29, 9 - 15,
LEWIS, D. H., (1957)
DEITZ, G. W.:
- 85) WEIDL, K.: Sonagraphische Untersuchungen von
Vokalen. Diss. Erlangen 1972
- 86) WILLIAMSON, G. D.: Sonic Analysis. Design News, 1967
- 87) WINCKEL, F.: Elektroakustische Untersuchungen an
der menschlichen Stimme. Fol. phon.
4, 93 - 113, (1952)
- 88) WINCKEL, F.: Die akustischen Grundlagen der Stimm-
bildung in LUCHSINGER, R./ARNOLD, G.E.:

- Lehrbuch der Stimm- und Sprachheilkunde, Springer Verlag, Wien 1959
- 89) WINCKEL, F.: Die elektroakustische Grundausrüstung für Stimmuntersuchungen in LUCHSINGER R./ARNOLD, G. E.: Lehrbuch der Stimm- und Sprachheilkunde. Springer Verlag, Wien 1959
- 90) YANGIHARA, N.: zitiert nach BÖHME, G.: Untersuchungsmethoden der Stimme und Sprache. Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1972
- 91) ZUCKRIGL, A., Moderne technische Unterrichts- und Rehabilitationshilfen für Sprachgeschädigte. E. Keimer, München 1972

LEBENS LAUF

Name: Othmar Josef Kupfer

Geburtsdatum: 11. 10. 1948

Geburtsort: Pinzberg/Kreis Forchheim

Name des Vaters: Hans Kupfer

Name der Mutter: Rosa Kupfer, geb. Reck

Volksschule: Sept. 1955 - Aug. 1959 in Effeltrich

Gymnasium: Sept. 1959 - Juli 1968 Franz-Ludwig-Gymnasium Bamberg, früher Neues Gymnasium Bamberg

Abitur: 23. 7. 1968

Hochschule: Beginn des Studiums der Zahnheilkunde im November 1968

Vorphysikum: Juli 1969 (Zahnmedizin)

Physikum: März 1971 (Zahnmedizin)

Medizinstudium: Beginn: Winter-Semester 1971/72

Vorphysikum: Februar 1972 (Medizin)

Physikum: August 1972 (Medizin)

Staatsexamen: Juli - Dezember 1973 (Zahnmedizin)

Copie - Center 2000
852 ERLANGEN · Obere Karlstr. 30